

応用研究課題 研究課題番号 (①)  
助成受付番号 第16004号

# リアルタイム氾濫解析 シミュレーター開発

研究者名 清水 康行 (所属) 北海道大学  
代理発表: 旭一岳 (所属) RiverLink

平成30年6月7日 14:10-14:30

## 背景・目的

**背景**

1. iRICソフトウェア、Nays2DFloodの既往洪水の検証例の充実
2. 既往洪水の検証に利用されている物理モデルが、予測に利用されていない
3. 降雨観測システムの高度化、リアルタイム配信の充実

**目的**

リアルタイムで配信される時空間分布を有する降雨データを入力値とした**リアルタイム氾濫解析シミュレーター**を開発すること

## iRICソフトウェア

## iRICソフトウェアが考える問題



- ✓ 計算条件・格子データ作成は、様々なソフトウェアを駆使する必要があり、膨大な時間が必要となる
- ✓ 条件が多様多様であるため設定ミスが発生しやすい
- ✓ 物理計算モデルごとにその仕様がバラバラ
- ✓ 計算結果が膨大であるため、その可視化、分析に高度なソフトウェアを利用する必要がある
- ✓ :

**結果、研究成果を利用できる人が限られ  
その活用が進まない**

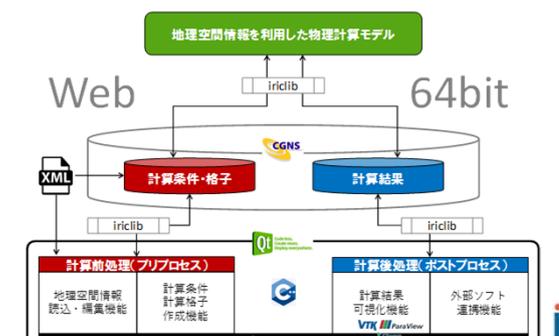
## iRICソフトウェアが目指すこと



- ✓ 地理空間情報を利用した物理計算モデルは、モデル内容は異なるが、データの前処理と後処理はいくつかのパターンに分類できる
- ✓ データの前処理と後処理機能を提供するプラットフォーム的なソフトウェア：iRICを構築することで、物理計算モデルの利用フローの標準化できる
- ✓ ソフトウェアをオープンにすることでiRICが有する前処理と後処理機能を様々な物理計算モデルで活用することができる
- ✓ : **研究成果を利用できる人が増える  
その活用が促進される**

## iRICソフトウェアの構造

➢ 様々なタイプの物理計算モデルに適用することや、iRIC以外のソフトウェアとの併用を考慮した構造  
➢ iRIC上に物理計算モデルを実装させる方法やそのソースコードを公開している



### 様々な物理計算モデルを搭載

1. River Flow and Bed morphology analysis by Morpho2D

2. Flood analysis by Nays2D

3. 3D analysis Flow and bed morphology by NaysCUBE

4. TSUNAMI by ELIMO

5. 1D analysis by CERMD

研究者らが構築したソルバーを同梱して配布

### iRICの取組み

- 最新の研究成果を広く利用できるにする→無料で公開
- この結果、先進国や大都市だけでなく、洪水リスクの高い発展途上国や町村へも**研究の成果が浸透**していく。
- ユーザ意見を積極反映する→講習会やWebの活用
- 研究者・開発者単独では難しい、講習会などの開催やWebを活用した情報発信、収集を行うことで、**ユーザ意見**を積極的にソフトウェアや物理計算モデルに反映していく。

### Nays2DFlood

Google Earth

### Nays2DFloodとは？

浅水流方程式をベースとした氾濫計算に特化した計算モデル

流入流量データ

inflow (Main stream)

outflow

地形  
マニング粗度

Main Stream

その他の境界条件

- ボックスカルバート
- ポンプ
- 建物 (建物占有率)
- 降雨

Altitude(m)

180.  
144.  
108.  
71.3  
35.0

### 事例：中小河川の氾濫計算

基盤地図情報から入手可能な5m標高データを利用した計算  
河道内の地形や流況の表現は困難だが、氾濫しやすい箇所は概ね表現できる

Depth

2.50  
2.14  
1.79  
1.43  
1.08  
0.721  
0.366  
0.0100

IRICのWebサイトより、<http://i-ric.org>

### 事例：治水事業の効果検証

現在の地形から  
捷水路、堤防を除去

現在の地形を利用

Before cutoff works

After cutoff works

鈴木英一, 山口里実, 谷育美, 石狩川の最初の治水計画および効果の検証, 水工学論文集第56巻

### 事例：チャオプラヤ川の氾濫計算

SRTMの標高データを利用した河道内の地形や流況の表現は困難だが、氾濫域は概ね表現できる

Depth(m)  
5.00  
4.30  
3.60  
2.90  
2.20  
1.50  
0.800  
0.100

5. Wongsu, Simulation of Thailand Flood 2011, IACSIT International Journal of Engineering and Technology, Vol. 6, No. 6, December 2014

## リアルタイム降雨データ

### Xrain

出典：<http://www.river.go.jp/x/xm0107010.php>

1分間隔、250mメッシュ  
全国6分割  
予測降雨なし

### 高解像度ナウキャスト

出典：<https://www.jma.go.jp/jp/highresrad/>

5分間隔、250mメッシュ  
日本全国一括配信  
実況～1時間後予測含む

## リアルタイム氾濫解析シミュレーター開発

### Nays2DFloodの改良

Xrainや高解像度ナウキャストなどの時空間変化を有する降雨データを考慮した計算を行えるようにした

Equation of continuity  $\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q + r$  ← Rainfall

Equations of motion  $\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = -hg \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho} + D^x$

$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} = -hg \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho} + D^y$

### システム計画当初からの想定していた課題

**課題1**  
高解像度なメッシュを利用しなければ精度良い計算は難しいが、高解像度のメッシュを利用すると計算負荷が大きくなりすぎる  
また、計算領域を広く設定するとメッシュ数が多くなり計算負荷が大きくなる

→ リアルタイムシステムにするためには、  
例えば、**実時間N時間の計算をN時間未満で実行する必要がある**

**課題2**  
Nays2DFloodは、河川流量を境界条件として与える必要があり、降雨からの流出計算モデルは含まれていない  
→ 流出計算モデルで算定された河道流量を境界条件に与える必要がある  
他にも**複数のモデルを連携させた計算を行う**ケースが想定される

### 課題1 中小流域単位のシステムとして構築

仮想環境上にシステムを構築することで、自治体等が管轄する中小流域単位でシステムを動作させることを想定して構築

リアルタイム 氾濫解析

システムを動作させる環境を簡単に移植できる

VM PC 自治体A (A河川事務所など, B河川事務所など, C河川事務所など)

VM PC 自治体B (A河川事務所など, B河川事務所など)

### 課題2 Pythonスクリプトでシステム全体を動作

動作環境をPythonスクリプトで制御することでファイル受け渡しで、先の計算モデルの結果を次の計算モデルで利用可能

1 タイムステップ内の計算

降雨データなどモデル1の計算条件 → モデル1 → 結果

モデル2の計算条件 → モデル2 → 結果

モデル3の計算条件 → モデル3 → 結果

### リアルタイム 氾濫計算システム概要

- 基礎データはiRICソフトウェアを利用して作成するシステムとした。
- リアルタイム計算に加え、既往大雨データを利用した計算を実行できるシステムとした。

各河川事務所等で実施すること

- リアルタイム降雨データ取得環境構築
- iRICソフトウェアを利用し、対象流域の計算モデルを00\_base-modelとして構築

### まとめ

- 本研究では、中小流域ごとに氾濫計算モデルを設定すること、それら計算実行は河川管理事務所等で準備可能なPCで実施することを想定し、**移植性のある仮想環境上にシステム**を構築した
- システムは、各計算モデルの構築、編集、可視化機能に優れた**iRICソフトウェアと連携**する形式で構築した。このため、iRICソフトウェア上で動作するすべてのソルバーで同様のシステムを構築することが可能である
- リアルタイムで実施する必要がある降雨データのマッピング（前処理）や可視化データの作成（後処理）などには、様々なプログラムを利用するため、**システム全体制御にはPython**を用いた
- 氾濫計算は、iRICソフトウェアに同梱される**Nays2DFlood**をベースとし、**リアルタイムで配信されるXrainと高解像度ナウキャストの降雨データを逐次考慮して計算する**仕組みとした。さらに、それらデータの過去データを利用し、再現計算を行うことも可能とした
- 計算状況をブラウザから確認可能な**簡易可視化ツールを開発**した。
- 上記開発したシステムの動作確認をおこなった。

### 今後の課題

- 実用化検討  
1流域で毎年のように大雨が発生する確率が低いことを考慮し、複数の流域で本システムを運用することで、**計算速度や精度の課題を抽出し、改善していくフローを構築**する。
- モデル改良・連携  
Nays2DFloodは、浅水流方程式を基本とした氾濫計算モデルであるため、流出や地下水、下水などを十分に考慮できていない。一方、**本システムはiRIC上で動作するいずれのソルバーでも利用することが可能**である。対象流域の特性によっては、モデル改良、変更、または、複数モデルの連携が必要になることに鑑み、まずは以下の実施を予定している。
  - 流出計算モデルとNays2DFloodの連携モデルの構築、動作確認
  - 流出計算から氾濫までを一体に計算可能なモデルへの変更