

降雨流出氾濫(RRI)解析モデルについて

国立研究開発法人 土木研究所
水災害・リスクマネジメント国際センター
(ICHARM)
研究員 柿沼 太貴



土研新技術ショーケース in 大阪 2023年7月27日

© 2023 PWRI, Japan. All Rights Reserved.

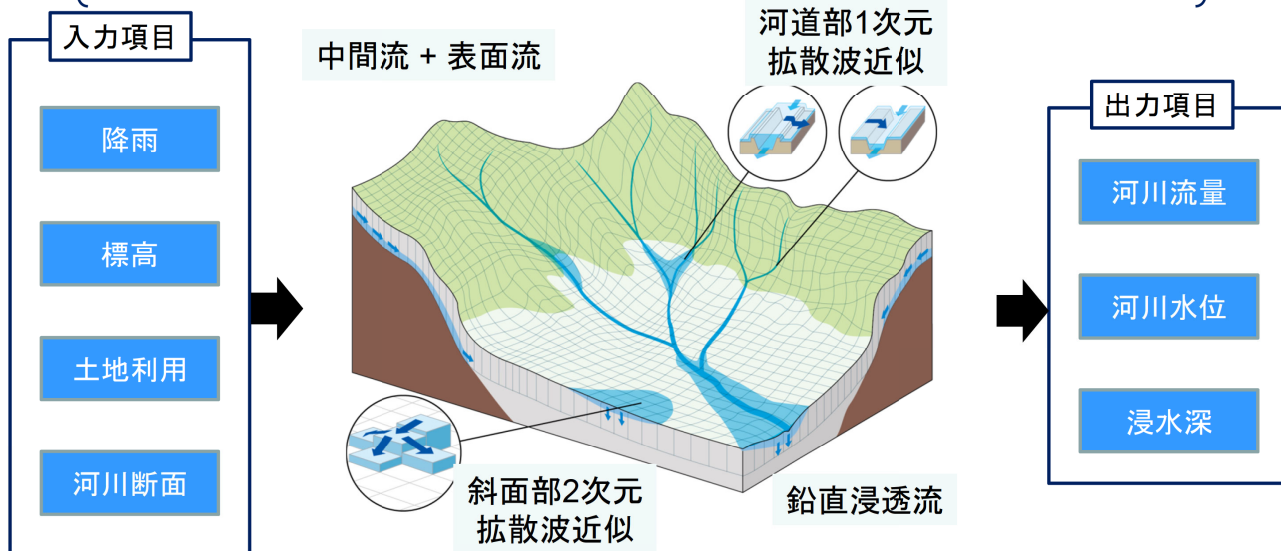
RRIモデルの概要

国立研究開発法人 土木研究所
PWRI PUBLIC WORKS RESEARCH INSTITUTE

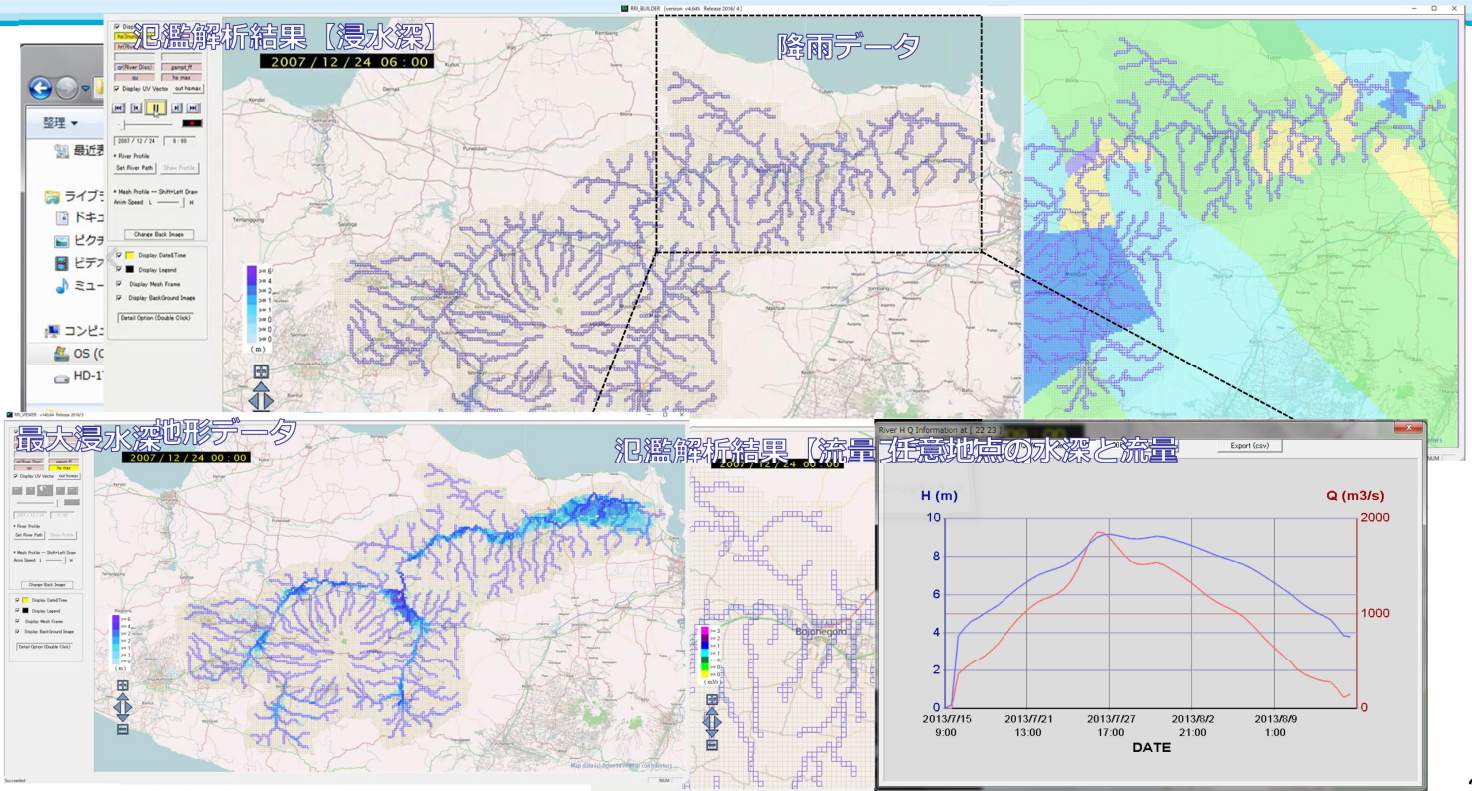
2013年「第15回国土技術開発賞(優秀賞)」
(主催:(一財)国土技術開発センター)

降雨(Rainfall)-流出(Runoff)-氾濫(Inundation)解析モデル

〔衛星情報や気象予測情報を活用して、世界各地の洪水氾濫を予測可能な技術〕

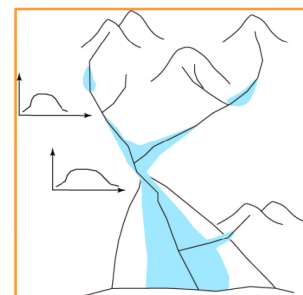
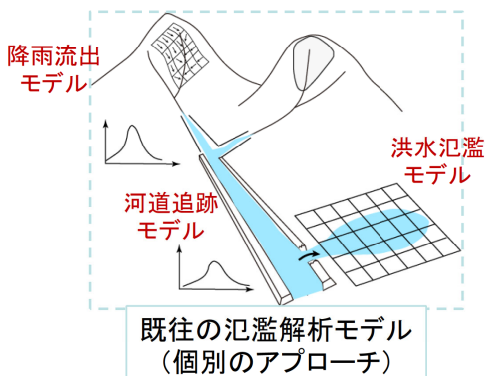


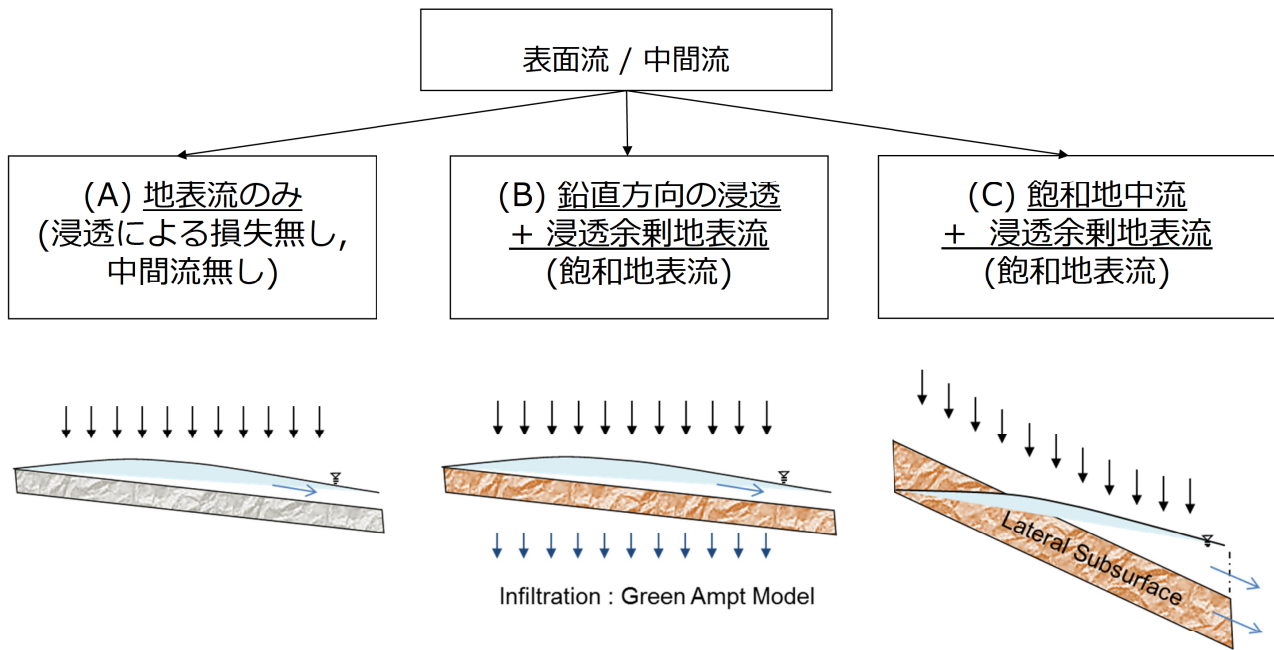
© 2023 PWRI, Japan. All Rights Reserved.



RRIモデルの特徴

- ① **一体化：** 降雨流出モデル、河道追跡モデル、洪水氾濫モデルを一体化することにより、低平デルタを含む広域の洪水現象を的確に再現（下図）
- ② **高速かつ安定的な数値アルゴリズム：** 地形起伏の複雑な山地域でも高速に計算できる二次元拡散波近似式の可変時間ステップアルゴリズム
- ③ **複雑な水文過程の反映：** 平野部における鉛直浸透流、山地域における側方地中流、蒸発散と土壌の乾燥による蒸発抑制、ダムや放水路などの影響
- ④ **緊急対応のモデリングを実現するツール群とマニュアル整備：** 衛星降雨や地形情報を活用するためのツール群、マニュアルとGUI（グラフィカルユーザーインターフェース）





各メッシュにおいて3種類の流れを自由に選択できる。

© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 4

□ 雨量データ

- 地上雨量計(local)
- 気象庁解析雨量, 気象庁降水短時間予報(resolution:1km)
- GSMaP (resolution:11km)
- 3B42RT (resolution:28km) etc.

□ 地形データ

- Topographic map (local)
- 基盤地図情報 数値標高モデル(resolution:5m,10m)
- 日本域表面流向マップ(resolution:30m)
- HydroSHEDS (resolution:90,450,900m)
- GTOPO30 (resolution:900m)
- SRTM (resolution:90m) etc.

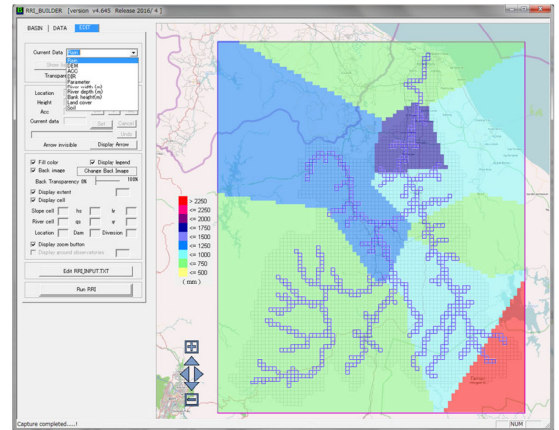
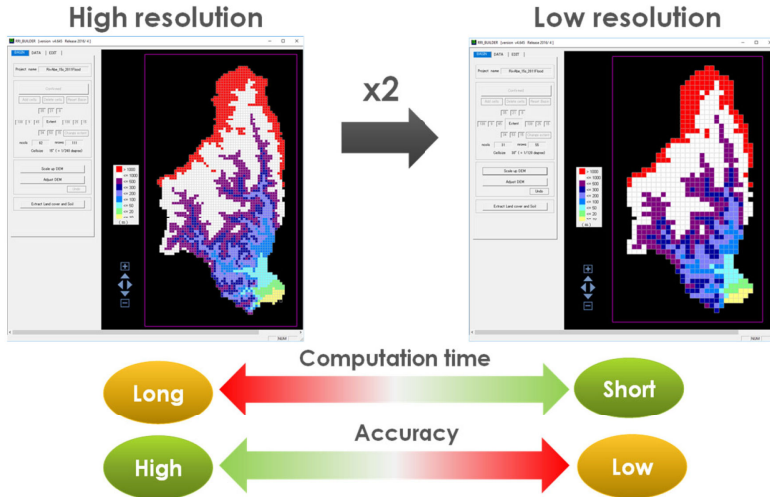
□ 土地利用データ, 地質データ

- Topographic map (local)
- 国土数値情報土地利用細分メッシュ(resolution:100m)
- GLOBAL LAND COVER CHARACTERIZATION (GLCC)
- Commission for the Geological Map of the World (CGWM) etc.

© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 5

自動計算機能

- ・ 計算領域における解像度（メッシュサイズ）の調整。
- ・ ティーセン法による流域平均雨量の算出。
- ・ 窪み等による流れの不連続性をなくすためのDEM調整。
- ・ 河道における任意断面を設定可能。 etc.



RRIモデルのダウンロード

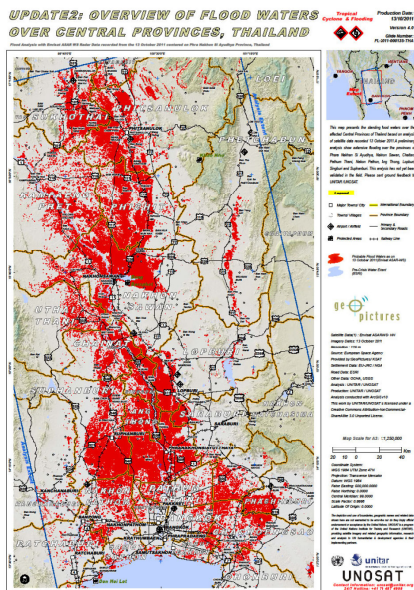
- ・ RRIモデルは無償で公開されているソフトウェアです。
- ・ 2016年6月の公開以降、**8938件**のダウンロード（2023年6月現在）
- ・ 世界**80カ国以上**からダウンロード

国名	対象流域	年	プロジェクト
タイ	チャオプラヤ川流域 (160,000km ²)	2013	JICA SOUSEIプログラム (文部科学省)
パキスタン	インダス川流域 (400,000km ²)	2014	UNESCO SOUSEIプログラム (文部科学省)
フィリピン	パンパンガ川流域 (10,434km ²)	2014	技術支援 (アジア開発銀行) SOUSEIプログラム (文部科学省)
インドネシア	ソロ川流域 (16,100km ²)	2015	SOUSEIプログラム (文部科学省)
カンボジア	メコン川下流域	2015	SOUSEIプログラム (文部科学省)
マレーシア	ケランタン川流域 (11,900km ²)	2015	SATREPSプログラム (JST/JICA)
日本	阿賀野川流域 (900km ² /7,700km ²)	2014~	土木研究所
	花月川流域 (大分県日田市) (136km ²)	2017~	土木研究所

© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 8

チャオプラヤ川流域 (タイ) の事例

2011年にタイ国チャオプラヤ川において発生した洪水は、世界銀行の報告書によると同国に**800名以上の死者**、**約400億ドル以上の経済被害**という甚大な被害をもたらした。



衛星から推定した洪水範囲
(2011年10月13日時点)



チャオプラヤ川洪水災害(破堤)の状況

(JICAのHPから引用<https://www.jica.go.jp/oda/project/1103372/index.html>)

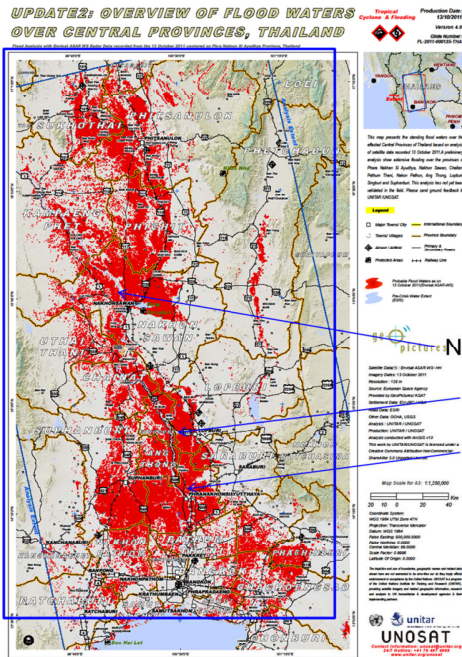


工業団地の浸水状況

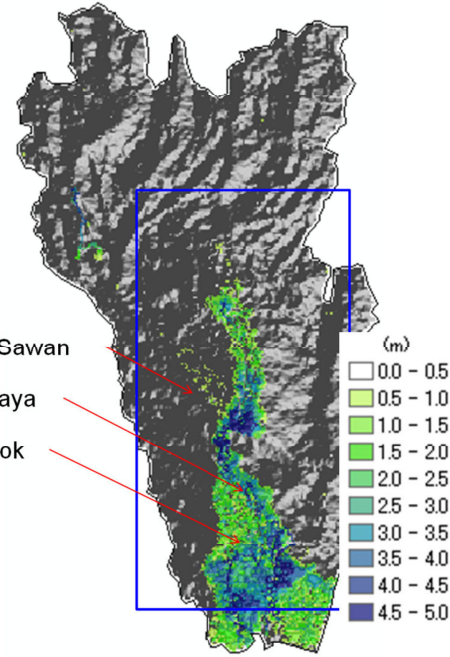
(航空写真 by ICHIARM スタッフ)

© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 9

衛星から推定した洪水範囲
(2011年10月13日時点)



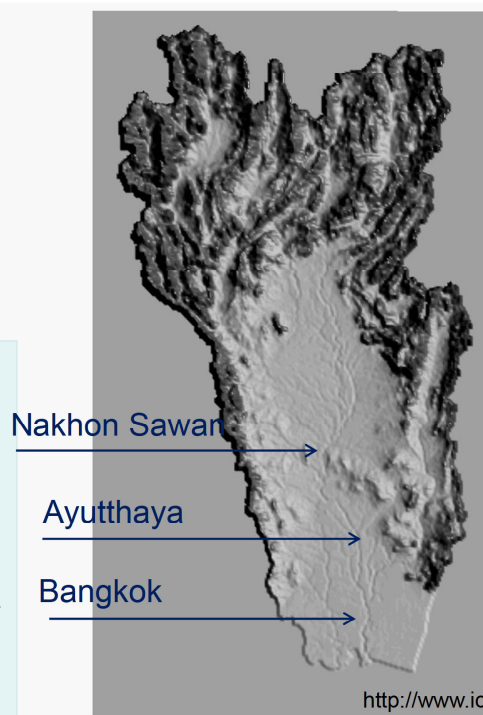
RRIモデルにより計算された浸水深
(2011年10月13日)



© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 10

RRIモデルによる予測
2011年タイ洪水
(2011/10/14実施)

Simulation Domain : 163,293 km²
Grid Size : 60sec (1776 x 1884 m)
Simulation Period:
2011/07/01 – 2011/11/30
Input Rainfall:
✓2011/07/01 – 2011/10/14
3B42RT (Satellite Based Rainfall)
(Every 3hours, Spatial Resolution: 0.25 deg)
✓2011/10/14 – 2011/10/21
JMA- GSM Weekly Weather Forecasting
(Forecasting Lead Time: 8 days, Update every
12 hours)
✓2011/11/15 – 2011/11/30
(Previous year's 3B42RT rainfall in the same
period)



1 : 7月1日
31 : 8月1日
62 : 9月1日
92 : 10月1日
123 : 11月1日
152 : 11月30日

http://www.icharm.pwri.go.jp/news/news_j/111024_thai_flood_j.html

© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 11

- RRIモデルをベースにした
流域土砂・流木流出解析モデルの開発
- 中小河川におけるデータ同化をRRIモデルに組み込んだ
リアルタイム水位予測システムの構築

© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 12

RRIモデルをベースにした流域土砂・流木流出解析モデル Rainfall-sediment-runoff (RSR) model

○近年の水災害の主な特徴と課題

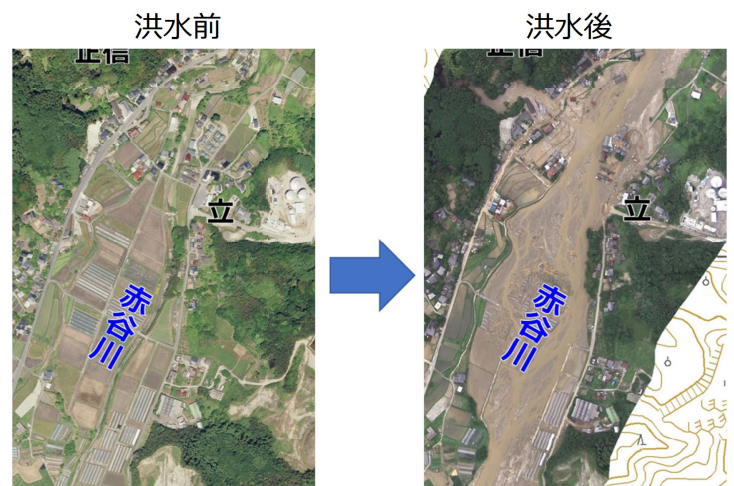
- 河床上昇により土砂と洪水が同時に氾濫し土砂が広範囲に堆積する「土砂・洪水氾濫」等が顕在化（H29赤谷川、H30広島県など）
- 市町村から避難情報や防災情報は出されていたものの、**逃げ遅れによる人的被害**が発生



洪水後市街地に土砂が堆積している様子



2017年九州北部豪雨_流木が堆積している様子
(https://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H29hukuoka_oita-heavyrain.html)

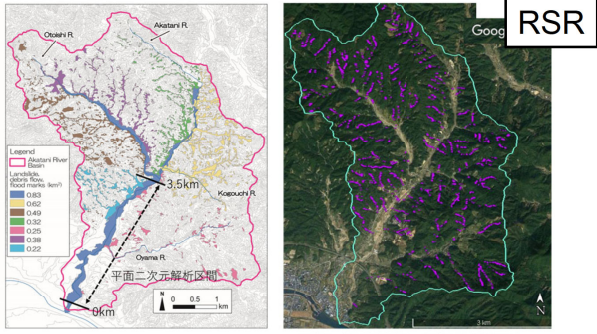


2017年九州北部豪雨 赤谷川

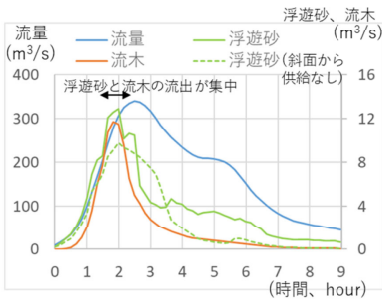
© 2023 PWRI , Japan. All Rights Reserved. 13

2017年赤谷川洪水災害への適用

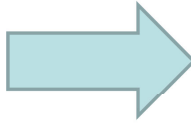
流域の崩壊発生状況：実際（左）と計算（右）の比較



*計算の土砂移動痕跡は、河道部分を除くもの

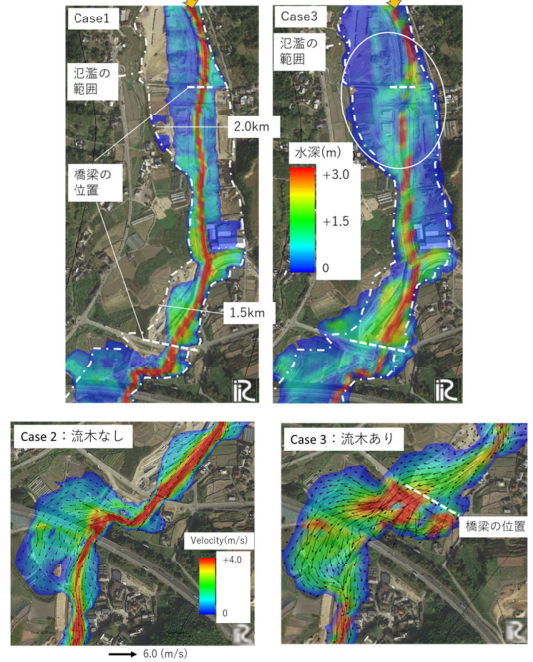


境界条件として平面二次元解析を実施



下流河道では、多量の土砂・流木が流出した後に流量のピークを迎えることになる。

流れのみ 土砂・流木を考慮
ピーク流量時の水深コンター



流木の橋梁捕捉が洪水流に及ぼす影響を評価可能 14

中小河川の水位情報提供システムの開発

研究背景

(官民研究開発投資拡大プログラム:PRISM)

- ◆ 2016年台風10号の際には、岩手県岩泉町を流れる小本川では、急激な水位上昇。避難勧告が発令される前に洪水が発生。
- ◆ **高齢者グループホーム9名の入所者全員が避難できず、溺死。**

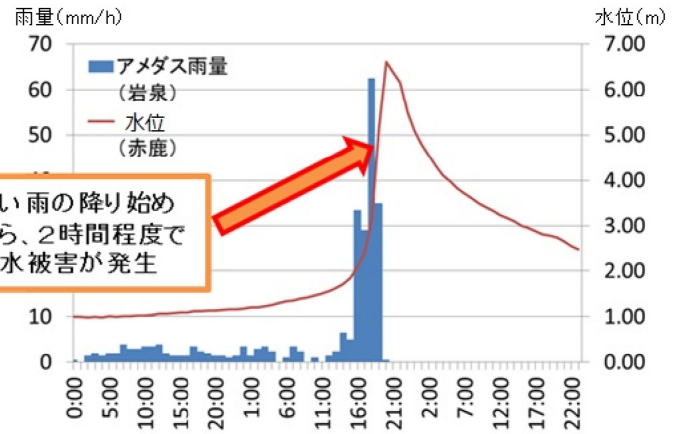
死者9名が出た
高齢者グループホーム

隣接する老人保健施設では、入所者約20名全員が無事であった



H28.9.3東北地方整備局撮影

この時小本川では2時間で水位が約3.5m上昇した。
→急激な水位上昇による中小河川特有の洪水災害が顕在化



2016年台風10号による小本川の雨量・水位変化 (8月29~30日)

研究背景

(官民研究開発投資拡大プログラム:PRISM)

- ◆ 全国の約21,000河川のうち、避難指示等の重要な判断要素となる**水位予測が行われているのは大河川を中心とする約400河川のみ**。**残りの大部分の中小河川では水位予測は行われていない**。
- ◆ 沿川人口が多く、洪水により重大な損害が生じるおそれがあるものの、**水位予測を実施できていない中小河川が約1,500河川**。これらの河川においても、住民の確実な避難のためには水位予測を行う必要。

2019年台風19号 宮城県丸森町の被害状況

- 決壊河川 (県管理)
内川10カ所、新川4カ所、五福谷川4カ所
 - 人的被害 **いずれも水位予測を行っていない河川**
死者10名、行方不明者1名、ケガ2名
 - 住家被害
全壊113件、大規模半壊246件、半壊623件、
一部損壊310件、床上浸水866世帯、
床下浸水207世帯
- ※丸森町HPより



2019年東日本台風災害でも、水位予測を行っていない中小河川において犠牲者を伴う人的被害が発生

流木・土砂により
被災した家屋



目標

(官民研究開発投資拡大プログラム:PRISM)

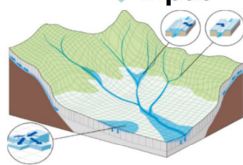
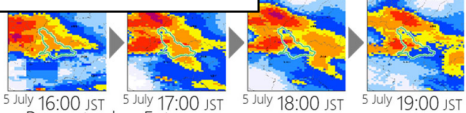
- ◆ 洪水時の住民避難を支援するため、**「住民避難が必要な河川水位にいつ到達するか」に着目した水位予測モデルの開発を行う。**
- ◆ 中小河川においても導入しやすい、汎用性のある**「短時間で計算可能な」、「安価」、「簡便」、「必要な精度」**を有する水位予測システムを開発し体系化する。
- ◆ 上記の水位予測データ等を用いて、住民の避難行動を促す水災害情報を配信するための手法等についても開発する。

河川管理用データシステム

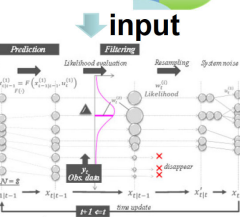
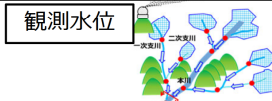


ビッグサーバ

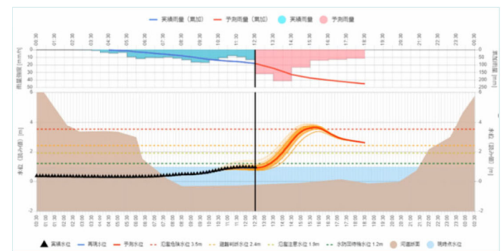
現在および予測降雨



水文モデル
(RRI model)



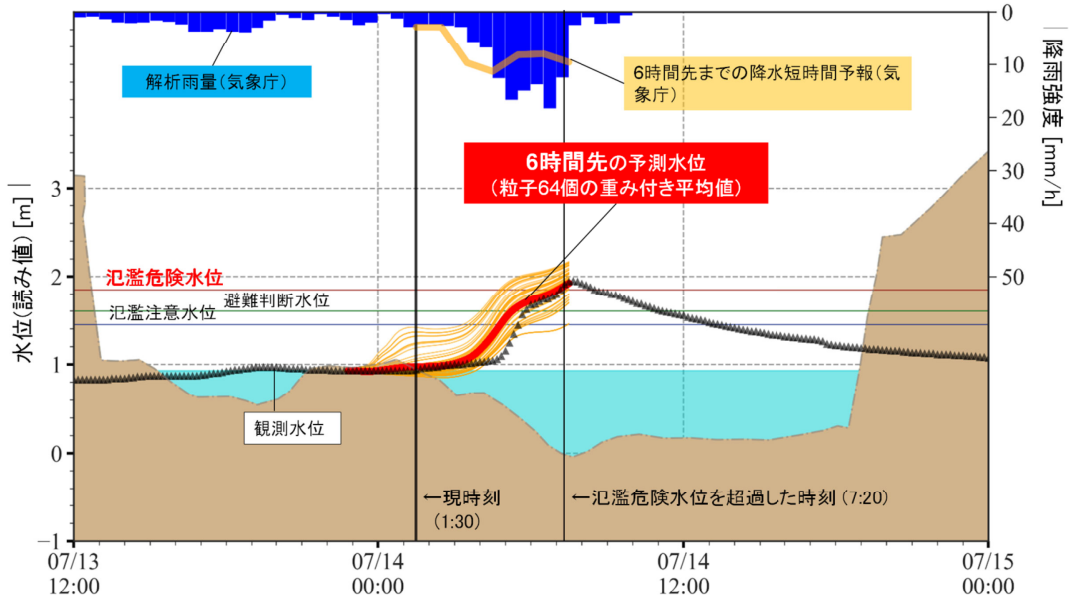
データ同化
(粒子フィルタ)



水位予測結果

流域面積約60km²、流域における山地の割合が7割の中山間地河川

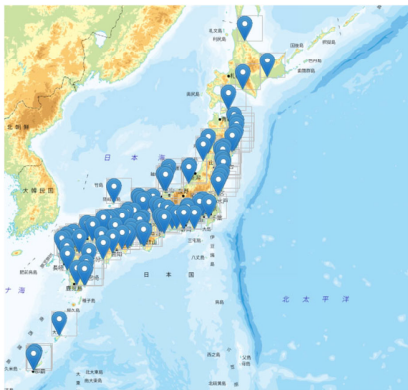
- ◆ 令和2年7月14日1:30の時点で、7時頃に氾濫危険水位の超過を予測。
- ◆ 実際に、令和2年7月14日7:20で、氾濫危険水位を超過。
- ◆ 結果的に、**5時間50分前**に氾濫危険水位の超過を予測できたことを確認。



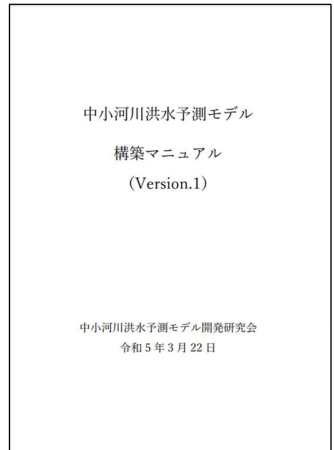
© 2023 PWRI, Japan. All Rights Reserved. 18

中小河川洪水予測モデル構築マニュアルの作成

- ◆ これまでに開発した手法を用いて試行的に**200河川を対象**のモデル構築を実施した。
- ◆ また、モデル構築のみでなく、**291イベント**について2時間以上のリードタイムの有無を確認。
- ◆ その結果、±50cmの幅での運用を想定した場合や、小流域に対し洪水到達時間のリードタイムが確保されているか等の条件設定の下、**約9割**でリードタイムを確保することが出来ていた。
- ◆ これらの検証および建設コンサルタンツ協会との意見交換会を踏まえ、「中小河川洪水予測モデル構築マニュアル」を作成し、ICHARMのHPより一般公開している。



構築したリアルタイム水位予測200河川
(※ 試行段階のため実運用はしていない)



中小河川洪水予測モデル構築マニュアル

ご清聴ありがとうございました。

問い合わせ先
suimon@pwri.go.jp

https://www.pwri.go.jp/icharm/research/articles/project-prism_manual_j.html

© 2023 PWRI, Japan. All Rights Reserved. 19