

降雨流出氾濫(RRI)解析モデル

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)

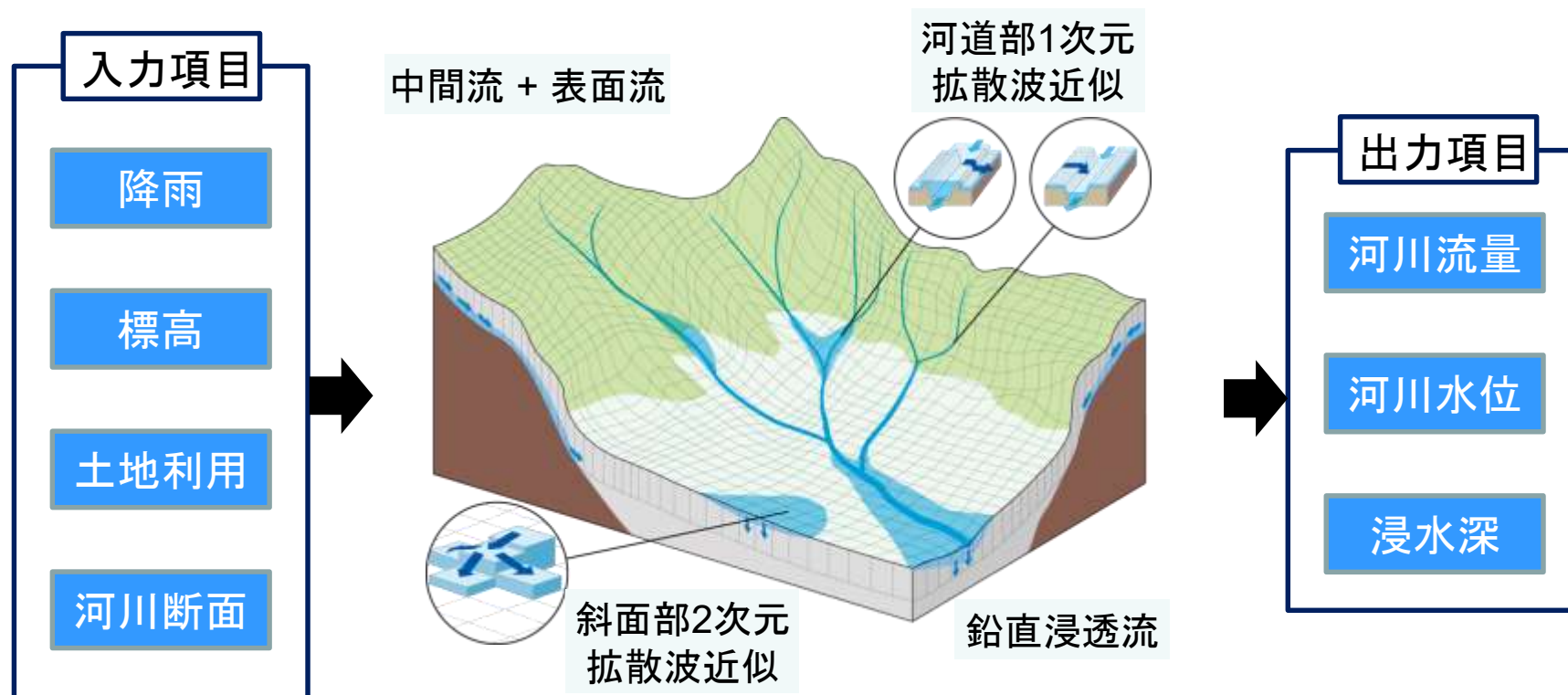
専門研究員 柿沼 太貴



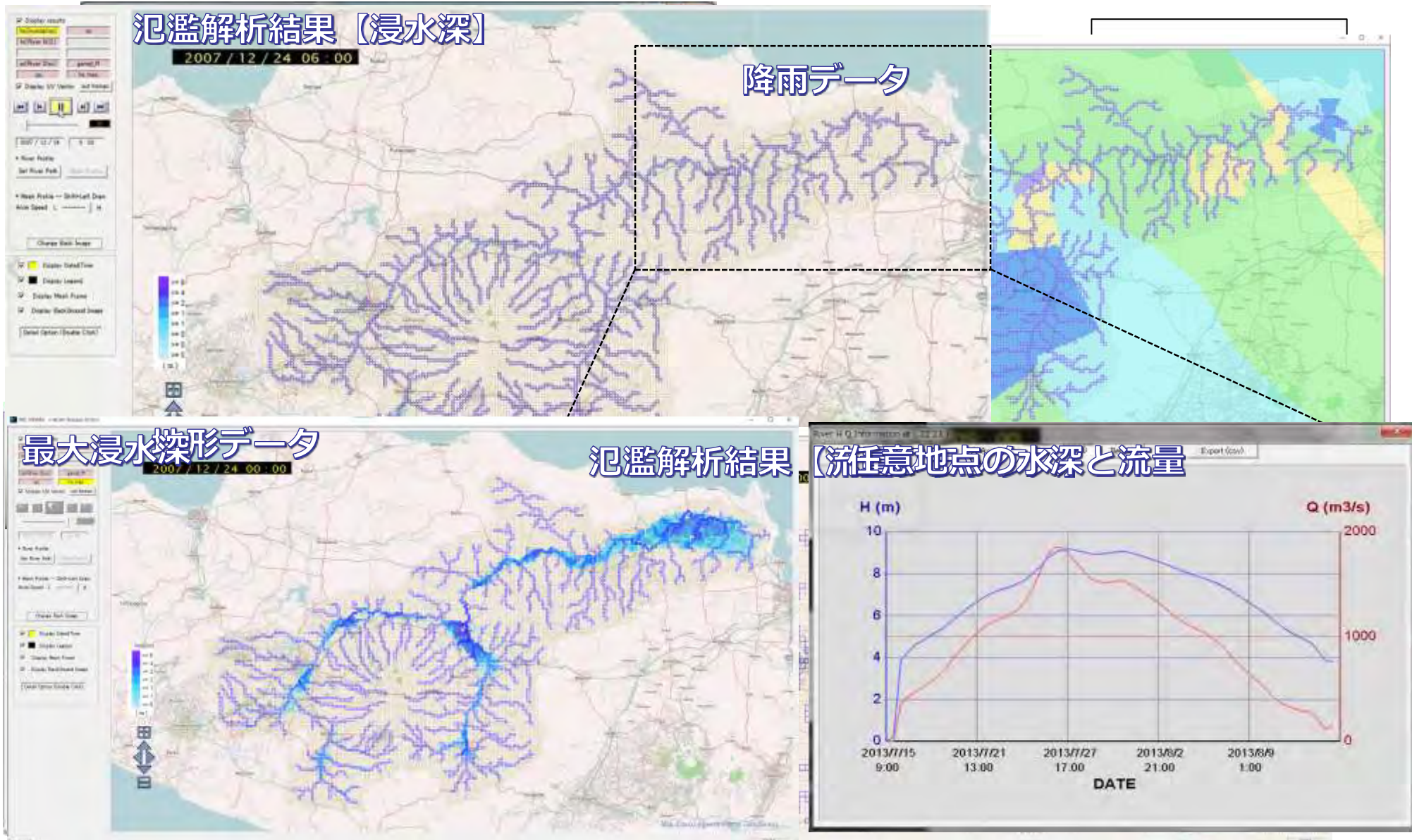
2013年「第15回国土技術開発賞(優秀賞)」
(主催:(一財)国土技術開発センター)
※建設産業におけるハードな技術のみならず、ソフトな
技術も含めた広範な新技術を対象として表彰される賞

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

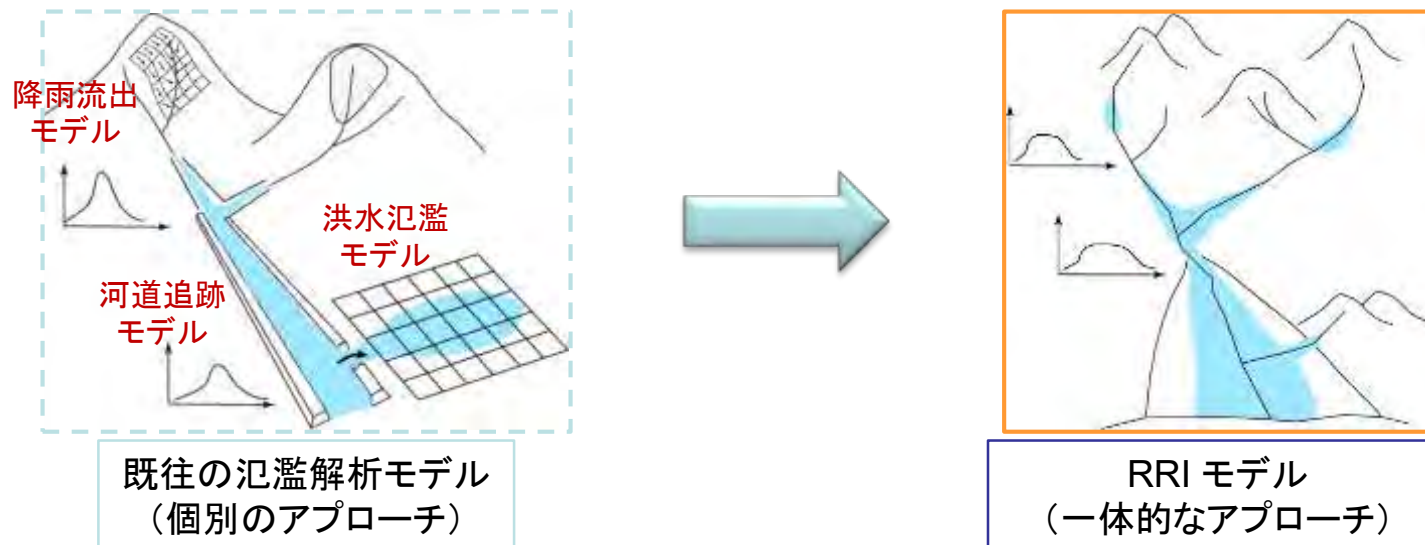
〔 衛星情報や気象予測情報を活用して、世界各地の洪水氾濫を予測可能な技術 〕

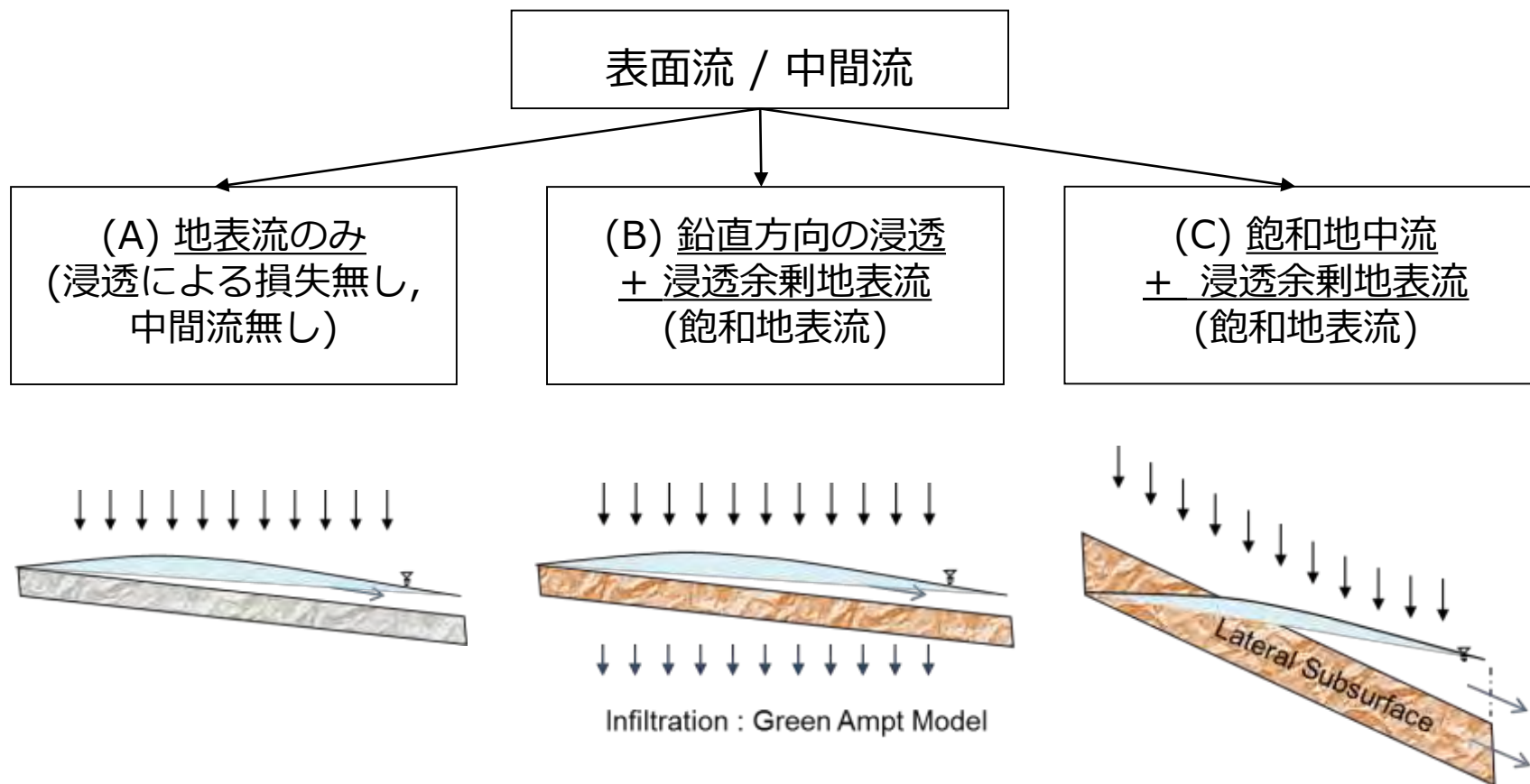


RRIモデルの概念図



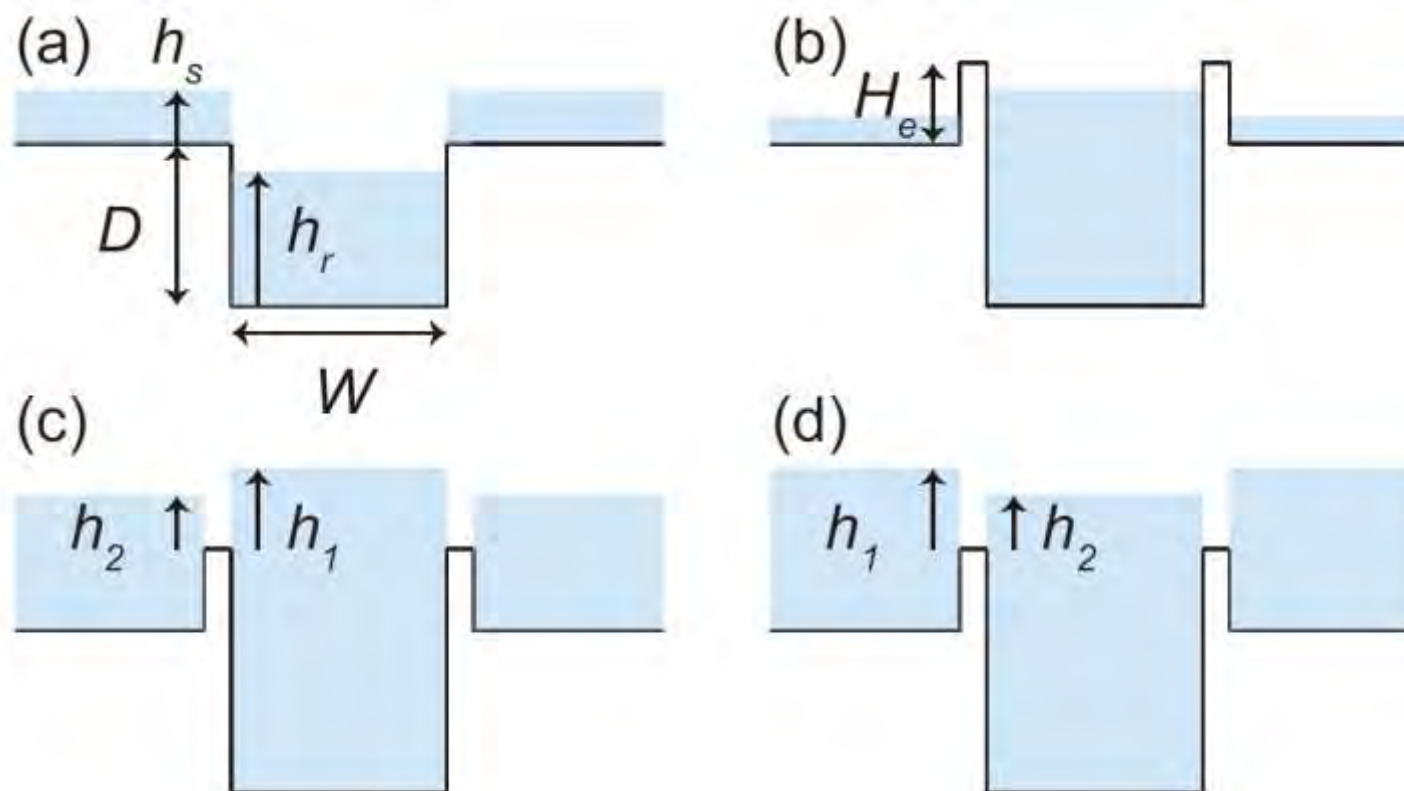
- ① 一体化： 降雨流出モデル、河道追跡モデル、洪水氾濫モデルを一体化することにより、低平デルタを含む広域の洪水現象を的確に再現（下図）
- ② 高速かつ安定的な数値アルゴリズム： 地形起伏の複雑な山地域でも高速に計算できる二次元拡散波近似式の可変時間ステップアルゴリズム
- ③ 複雑な水文過程の反映： 平野部における鉛直浸透流、山地域における側方地中流、蒸発散と土壌の乾燥による蒸発抑制、ダムや放水路などの影響
- ④ 緊急対応のモデリングを実現するツール群とマニュアル整備： 衛星降雨や地形情報を活用するためのツール群、マニュアルとGUI（グラフィカルユーザーインターフェース）





各メッシュにおいて3種類の流れを自由に選択できる。

- 河道断面は矩形断面もしくはは堤防も含めて任意断面を設定可能。
- 越流公式を用いて、斜面部と河道部との水のやりとりを計算。
- 河道のあるグリッドセルで斜面と河川の水のやりとりを計算する。



□ 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

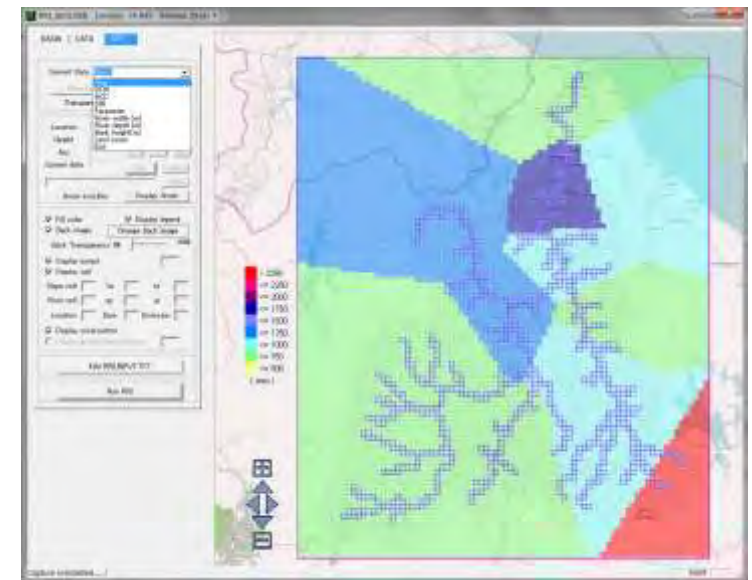
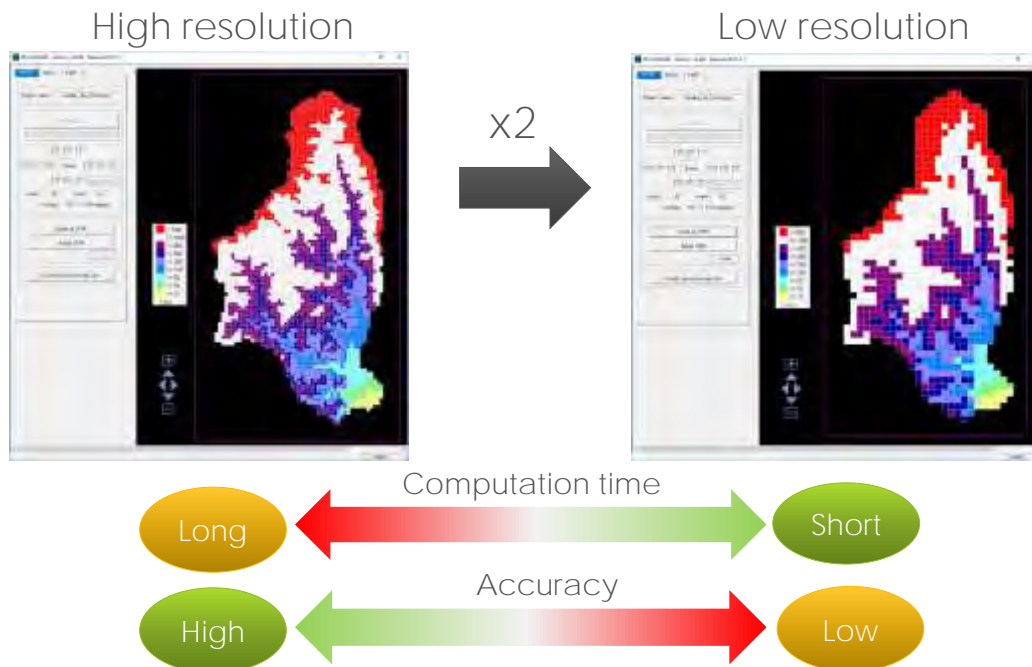
- Topographic map (local)
- 基盤地図情報 数値標高モデル(resolution:5m,10m)
- 日本域表面流向マップ(resolution:30m)
- HydroSHEDS (resolution:90,450,900m)
- GTOPO30 (resolution:900m)
- SRTM (resolution:90m) etc.

□ 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.

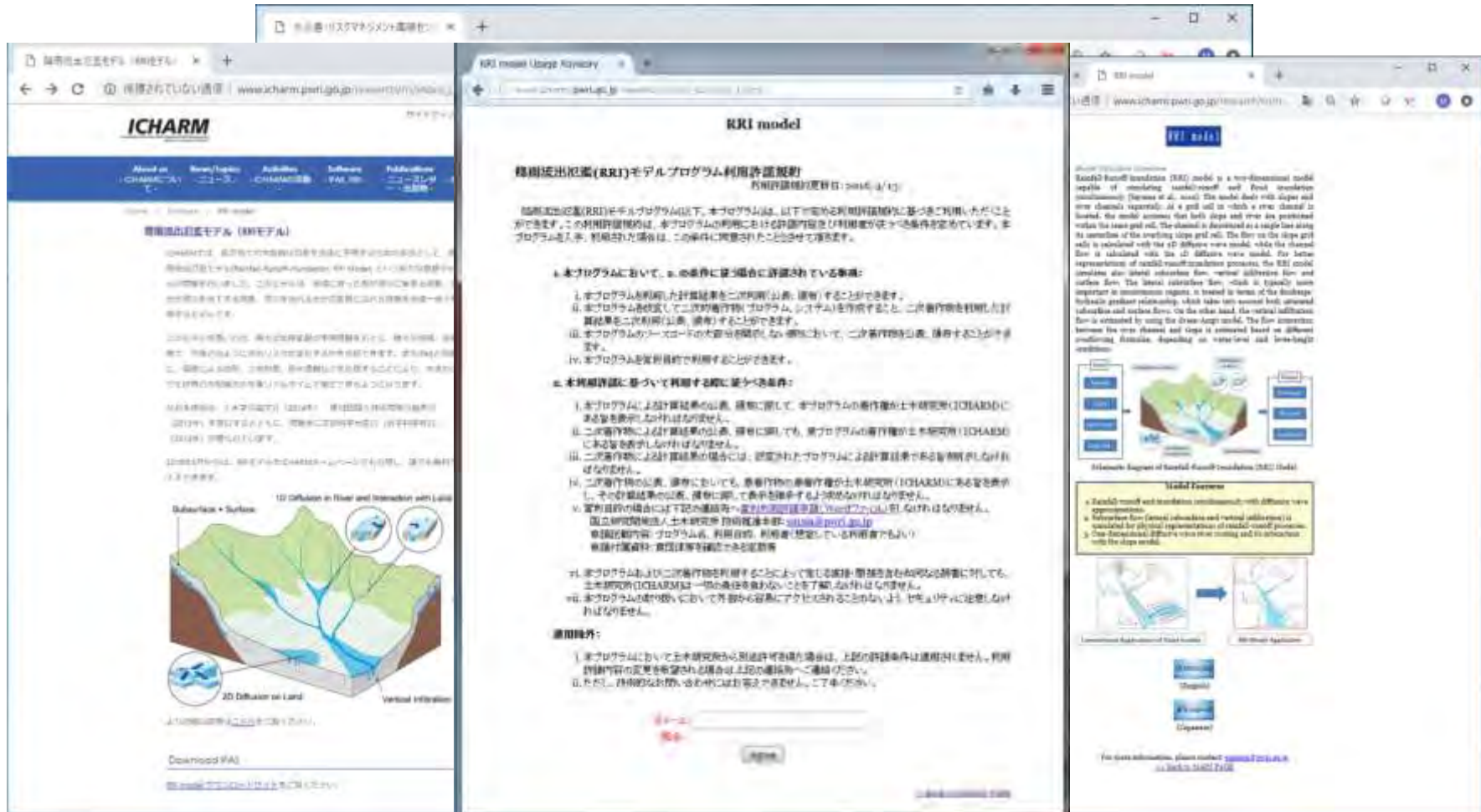
自動計算機能

- ・ 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.



8. 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、**5806件**のダウンロード（2021年9月14日現在）
- 世界**80カ国以上**からダウンロード

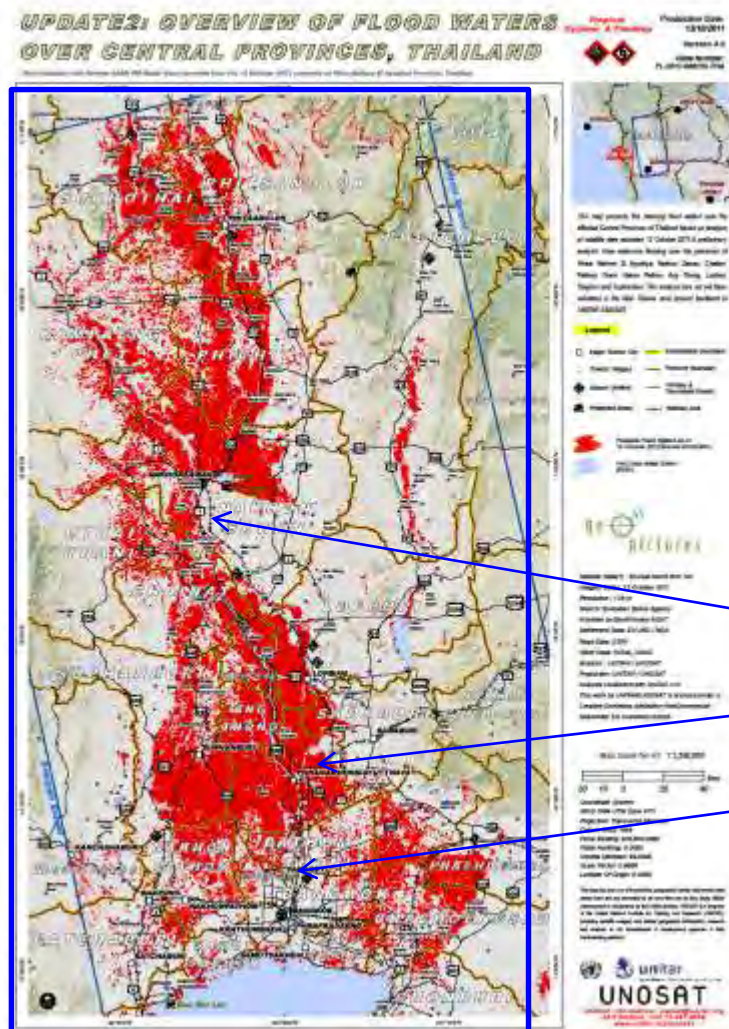


9. RRIモデルの適用・実装事例

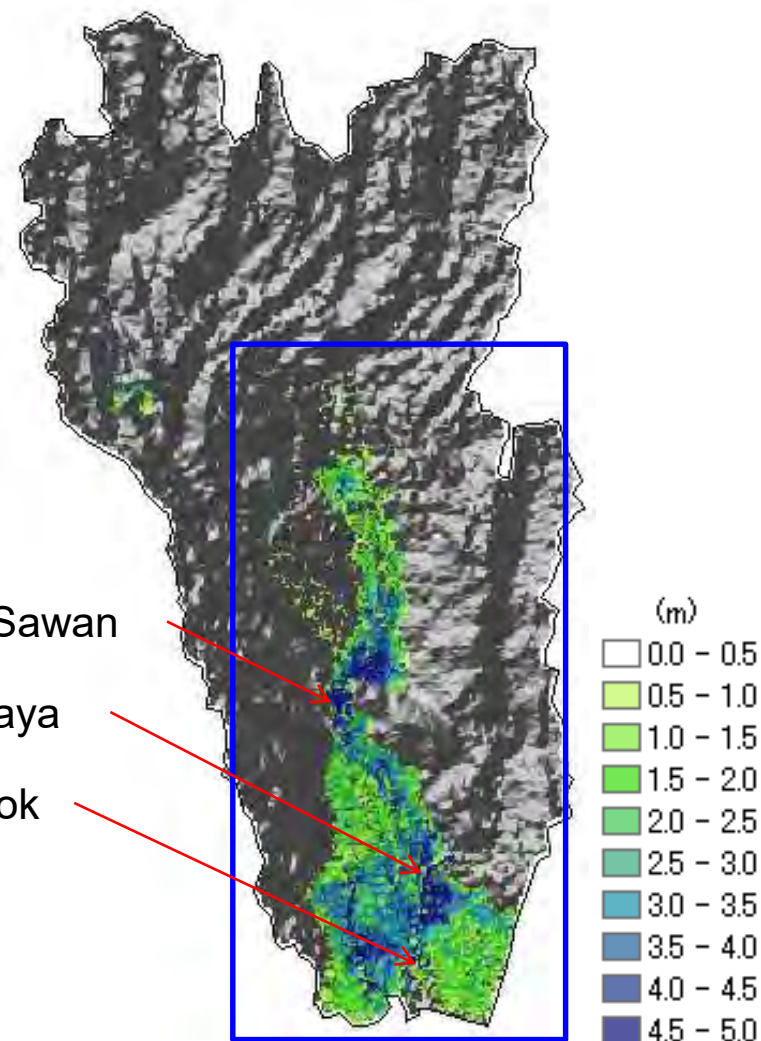
国名	対象流域	年	プロジェクト
タイ	チャオプラヤ川流域 (160,000km ²)	2013	JICA SOUSEIプログラム (文部科学省)
パキスタン	インダス川流域 (400,000km ²)	2014	UNESCO SOUSEIプログラム (文部科学省)
フィリピン	パンパンガ川流域 (10,434km ²)	2014	技術支援 (アジア開発銀行) SOUSEIプログラム (文部科学省)
インドネシア	ソロ川流域 (16,100km ²)	2015	SOUSEIプログラム (文部科学省)
カンボジア	メコン川下流域	2015	SOUSEIプログラム (文部科学省)
マレーシア	ケランタン川流域 (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

10.チャオプラヤ川流域 (タイ) の事例

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)



Nakhon Sawan

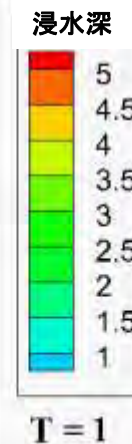
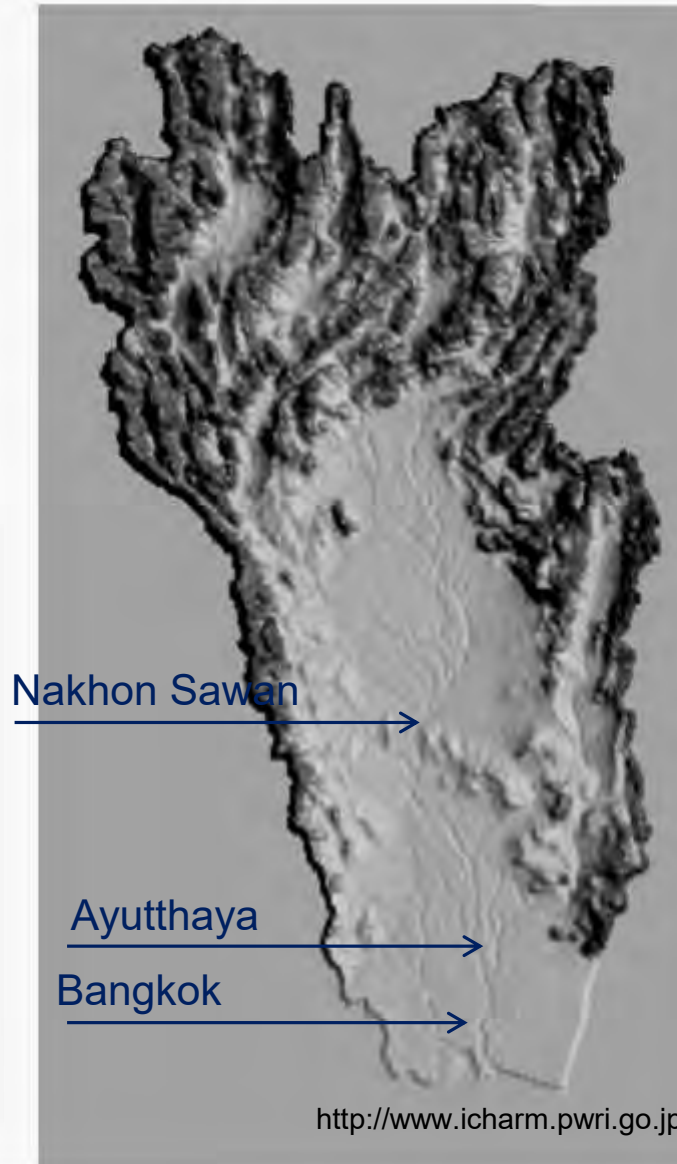
Ayutthaya

Bangkok

11.チャオプラヤ川流域 (タイ) の事例

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

12.花月川流域（大分県日田市）の事例

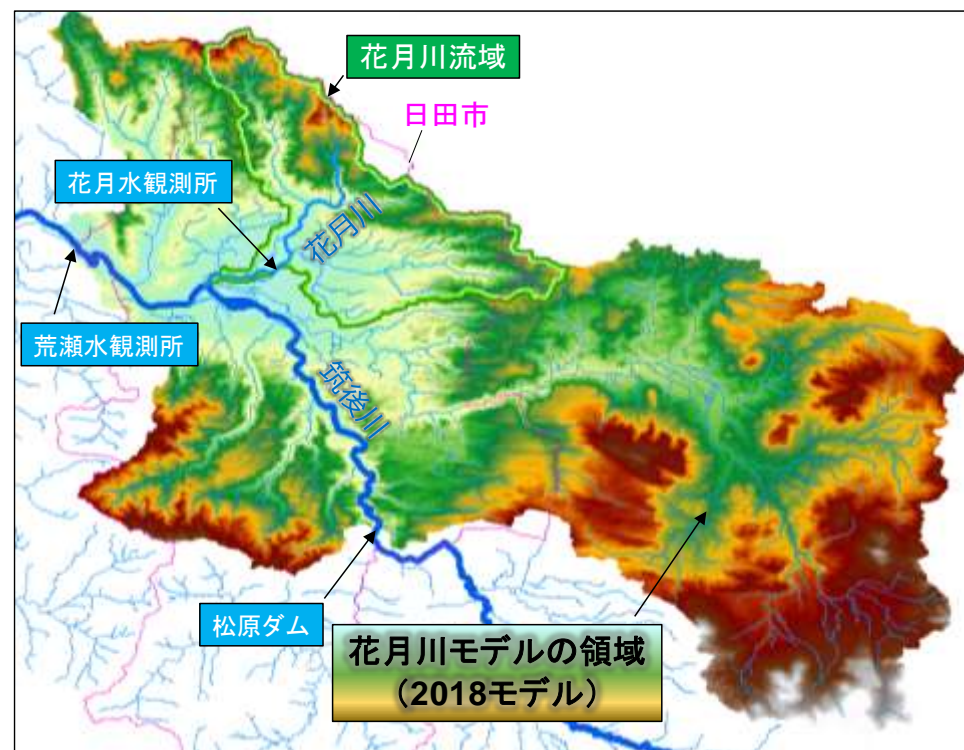
○近年の水災害の主な特徴と課題

- 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



花月川の概要

- 流域面積: 136.1km²
- 流路延長: 16.6km
- 土地利用: 山地(81%)
➡典型的な中山間地河川



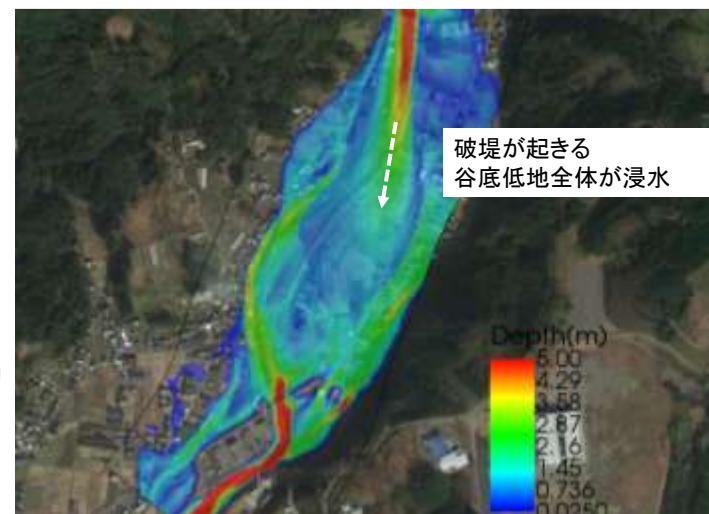
「大規模広域豪雨を踏まえた水災害対策のあり方について～複合的な災害にも多層的に備える緊急対策～ 答申(平成30年12月 社会資本整備審議会 河川分科会 小委員会)」(委員長: ICHARM小池俊雄センター長) から引用

13.花月川流域（大分県日田市）の事例

RRIモデルによる氾濫解析



(動画は想定最大外力のケースにおける浸水深)



RRIによる計算結果を上流端境界条件とし、上流からの土砂供給による河床変動（土砂の挙動）を考慮して解析。



洪水状況のVR再現

得られた解析結果を仮想現実（VR）や拡張現実（AR）等により、洪水を手軽に体験し、水防災意識を高められるような機会の創出。

研究背景

(官民研究開発投資拡大プログラム:PRISM)

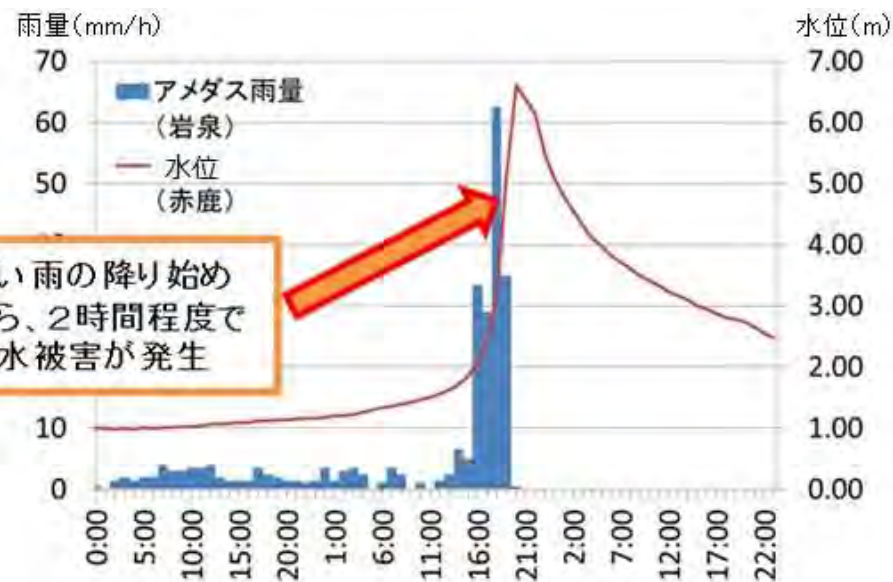
- ◆ 2016年台風10号の際には、岩手県岩泉町を流れる小本川では、急激な水位上昇。避難勧告が発令される前に洪水が発生。
- ◆ 高齢者グループホーム9名の入所者全員が避難できず、溺死。

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



強い雨の降り始め
から、2時間程度で
浸水被害が発生

2016年台風10号による小本川の雨量・水位変化
(8月29~30日)

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

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



流木・土砂により
被災した家屋

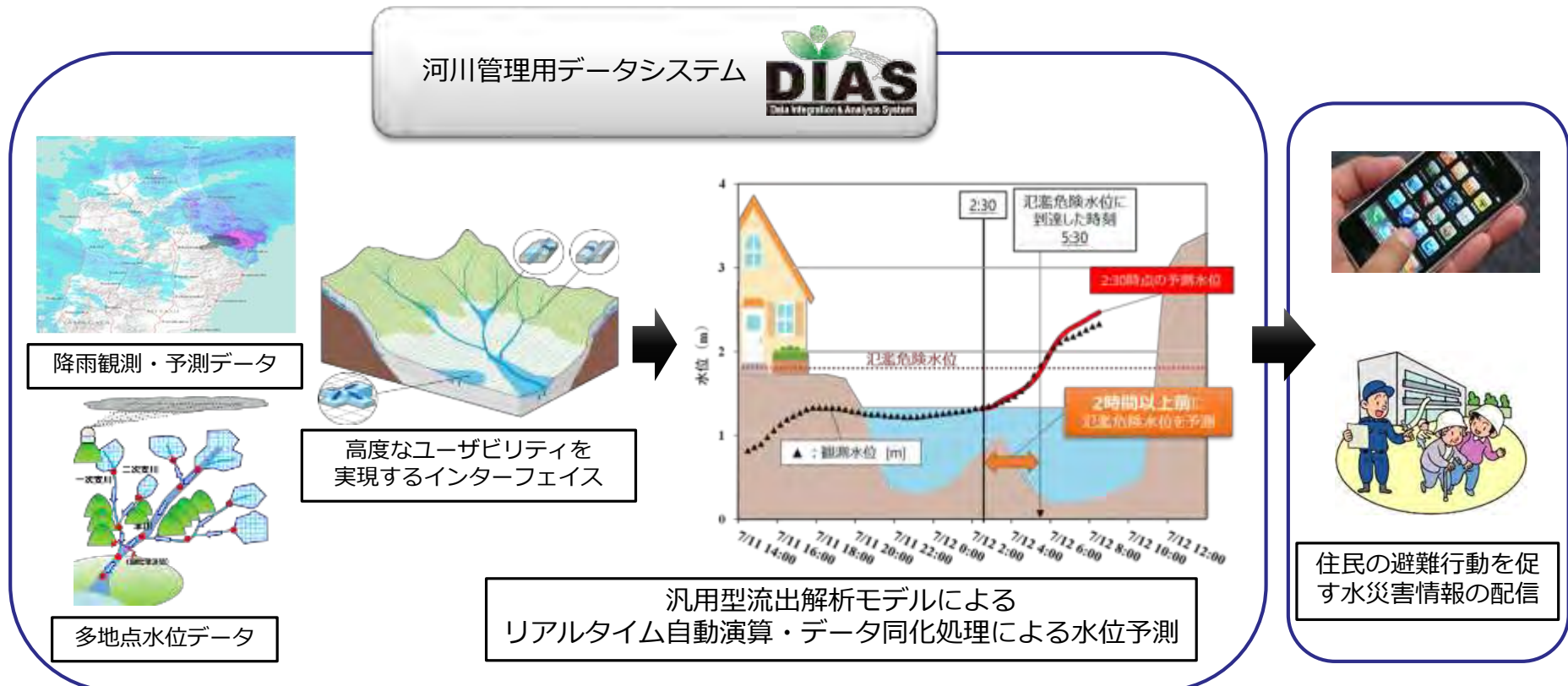


2019年東日本台風災害でも、水位予測を行っていない
中小河川において犠牲者を伴う人的被害が発生

(官民研究開発投資拡大プログラム:PRISM)

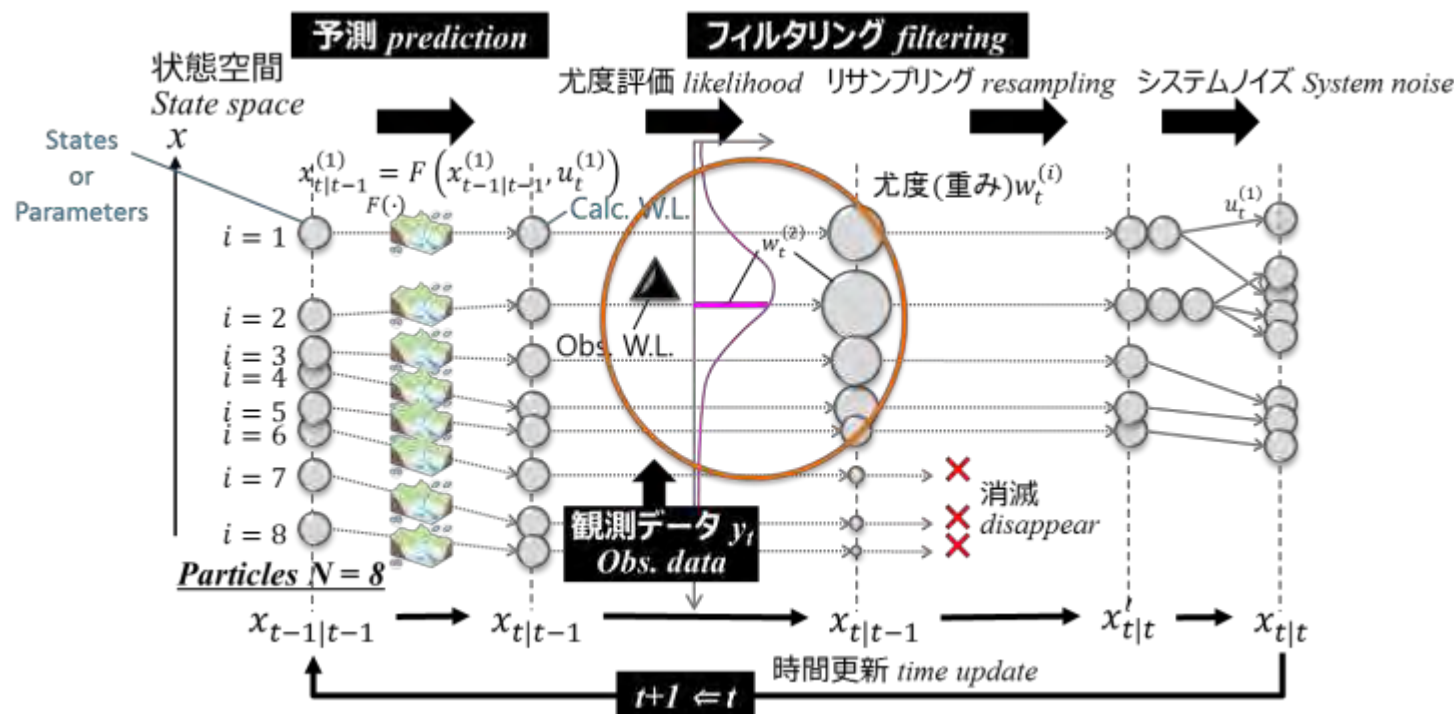
目標

- ◆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。



18.粒子フィルタによる水位データ同化技術の開発

- ◆ 水位予測モデルの精度向上のため、リアルタイムの水位観測データを用いて水位予測モデルを逐次修正する手法を採用。
- ◆ 流量等の状態量やパラメータへの適用が可能であり、応用性の高いデータ同化手法の一つである粒子フィルタを**選定**。
- ◆ RRIモデルの各パラメータ（河道粗度係数、透水係数、不透水層から水深）に適用したところ、不透水層からの水深に対して粒子フィルタを適用するのが最も効果的と評価。



粒子フィルターの概念図：観測値に近い粒子（ある状態量やパラメータによる計算結果）の重みを大きく、離れた粒子を小さく（又は消滅）することで、観測値と整合する状態量やパラメータの設定による予測計算を可能とする。

19.洪水予測の事例

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。

問い合わせ先
suimon@pwri.go.jp

