

# iRIC Online Workshop



MITSUI CONSULTANTS CO., LTD.

三井共同建設コンサルタント株式会社

# 話題提供の概要

## RRIモデルを用いた全国版リアルタイム氾濫予測システムを実現

—河川の規模を問わず、全国の防災情報の提供を目指して—

三井共同建設コンサルタント株式会社と、京都大学防災研究所および日本電気株式会社は、RRI<sup>\*1</sup>モデルを用いた全国版リアルタイム氾濫予測を実現可能としました。今後、さらなる高度化を目指します。

\*1 RRI: 降雨を入力として、河道流量から洪水氾濫までを一体で解析できるモデル（土木研究所ICHARMが開発）



# RRIの概要

# RRIモデルとは

降雨(Rainfall) – 流出(Runoff) – 氾濫(Inundation)

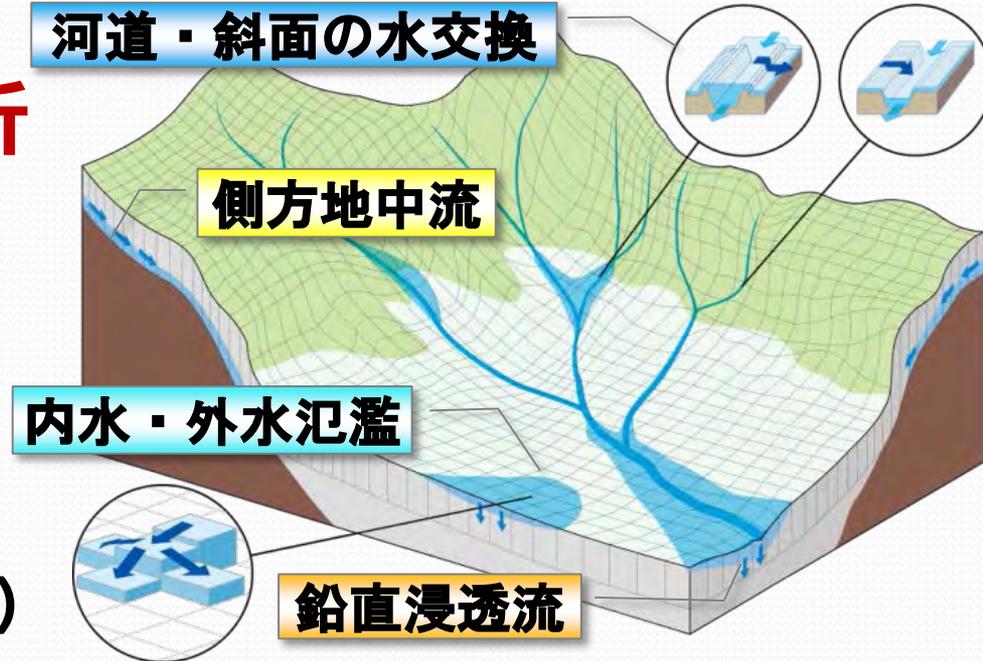
流出解析

氾濫解析

RRIモデル

降雨を入力として河道流量から  
洪水氾濫までを一体で解析  
(土木研究所ICHARMが開発)

計算の迅速性・安定性に  
主眼を置き、RRIモデルでは、  
拡散波近似で解析  
(氾濫解析ほど厳密に解かない)

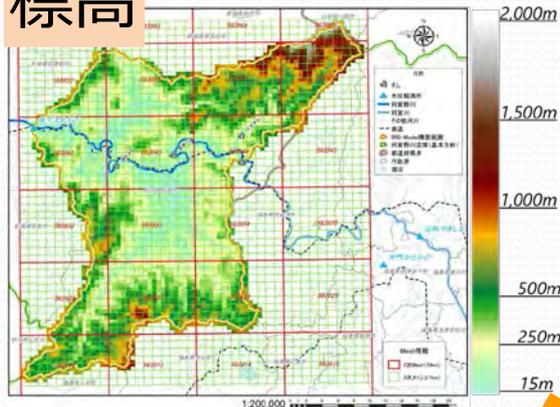


<数値計算アルゴリズム>

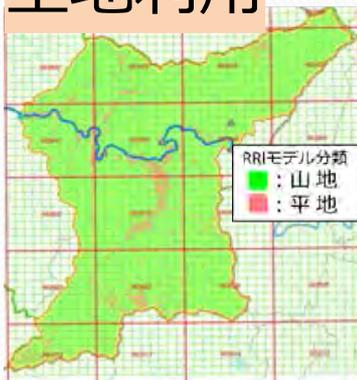
- ・ 適応時間ステップルンゲクッタ法の適用
- ・ **OpenMP並列化**プログラミングの実装

# RRIモデルの入出力データ

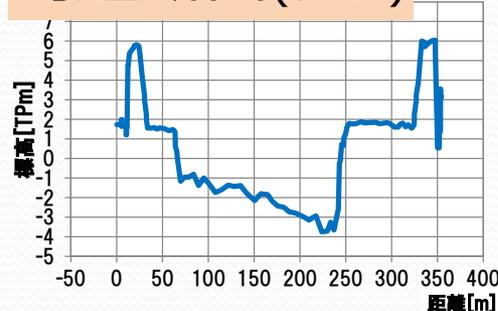
標高



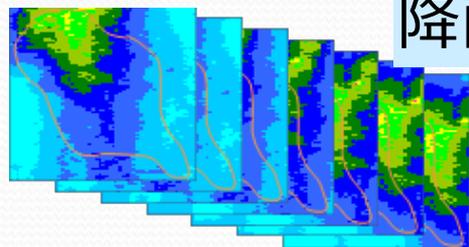
土地利用



河道断面(任意)

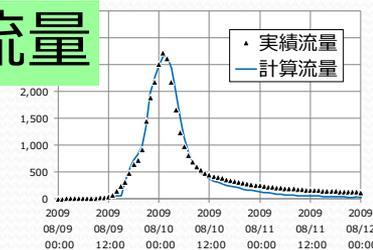


降雨分布



モデル構築

河川流量

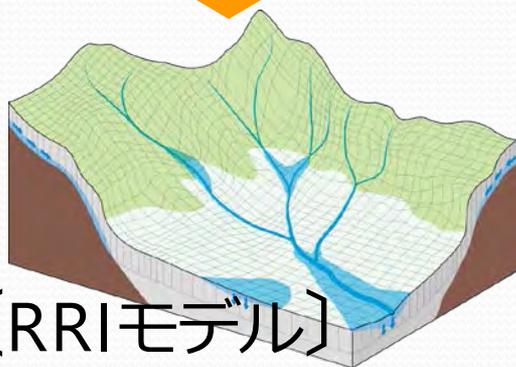


流量(任意)



例えば、ダム放流量など

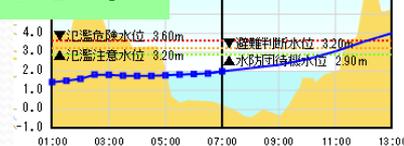
入力条件



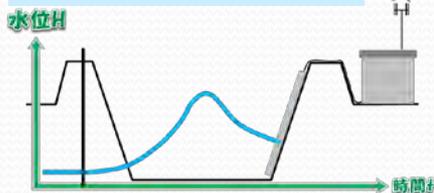
[RRIモデル]

出力条件

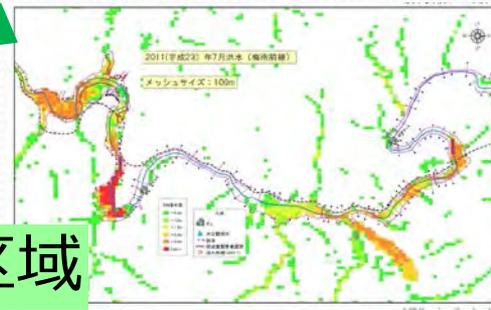
河川水位



水位(任意)



浸水区域



RRIの特徴!

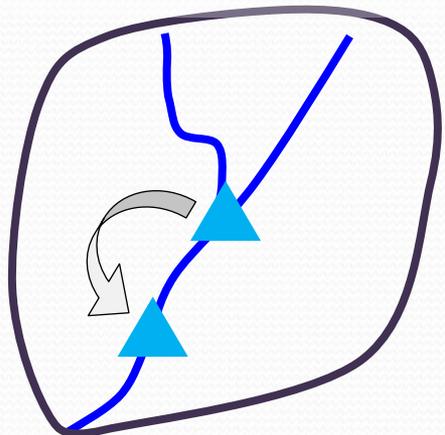
# 全国版RRIリアルタイム氾濫予測 概要

# 洪水予測の変遷

## 氾濫一体モデル

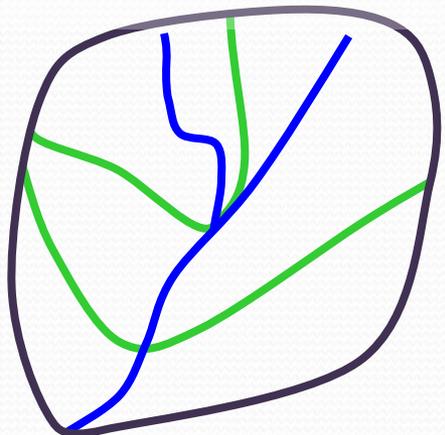
### 統計的手法

上流観測所より  
 流下時間で推定  
 ⇒下流観測所のみ  
 で短期の予測



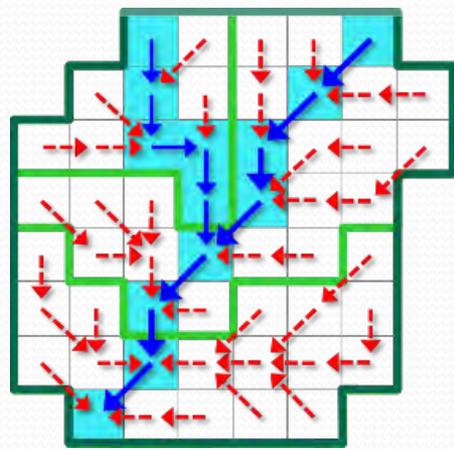
### 集中型流出モデル

予測雨量から  
 流域分割点の  
 流出解析  
 ⇒特定地点で長期  
 の河道流量予測



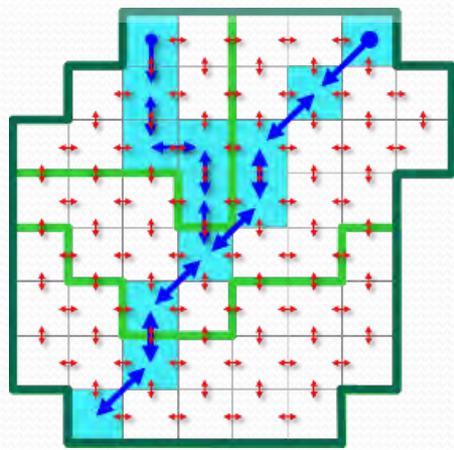
### 分布型流出モデル

予測雨量から  
 メッシュ単位  
 で流出解析  
 ⇒任意地点で河道  
 流量を予測  
 (氾濫の想定無)



予測雨量から  
 流出と氾濫を  
 一体で解析

⇒任意地点の浸水  
 深、河道の水位  
 ・流量を算出  
 (氾濫を考慮)



短期

長期 (予測雨量を活用した流出解析)

特定地点 (観測所・流域分割点)

任意地点 (メッシュ計算)

氾濫が生じるまでの予測 (流出解析のみ)

氾濫を考慮

# 全国版リアルタイムの必要性

## 背景

情報の少ない  
中小河川を含め  
どこで生じるか  
わからない

各地で浸水  
被害が頻発

H27.9 関東・ 東北豪雨	H28.8 北海道・ 東北豪雨	H29.7 九州北部 豪雨	H30.7 西日本 豪雨	R1.10 台風 19号
----------------------	-----------------------	---------------------	--------------------	--------------------

水防災意識  
社会再構築

H27.12 答申・ビジョン策定	H29.6 水防法改正・ 緊急行動計画	H31.1 緊急行動 計画改定
---------------------	---------------------------	-----------------------

施設で防ぎきれない大洪水は必ず発生

## 洪水予測



中小河川も含め  
日本全国を  
対象に実施

降雨(Rainfall) – 流出(Runoff) – 氾濫(Inundation)

流出解析

氾濫解析

高速→リアルタイム氾濫予測 → RRIモデル (土木研究所ICHARMが開発)

# 産学連携の社会実装

## ✦ RRIモデル

高速降雨流量氾濫一体解析 (京大・ICHARM)

## ✦ 日本域表面流向マップ

日本全域高解像度水文地形データ (東大)

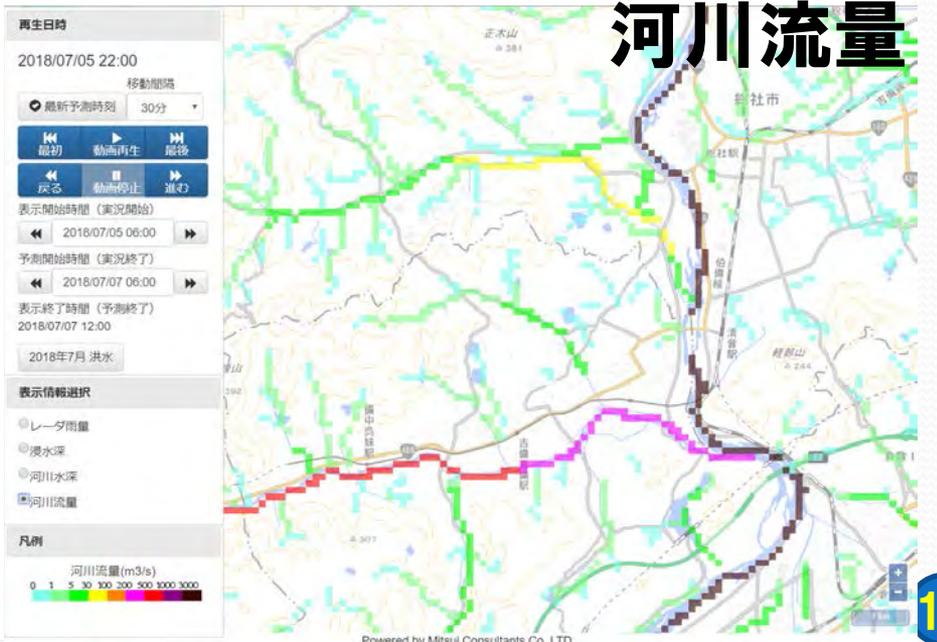
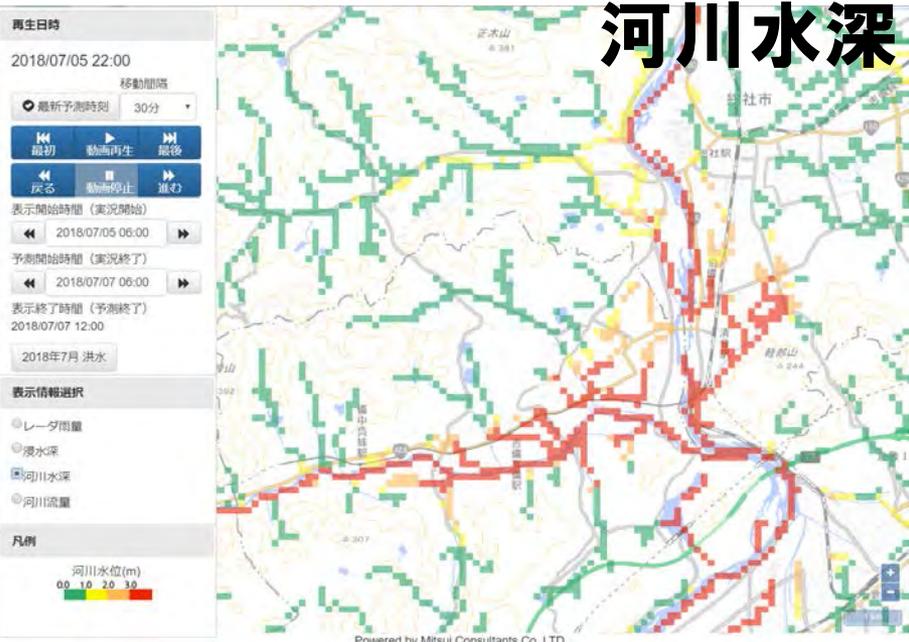
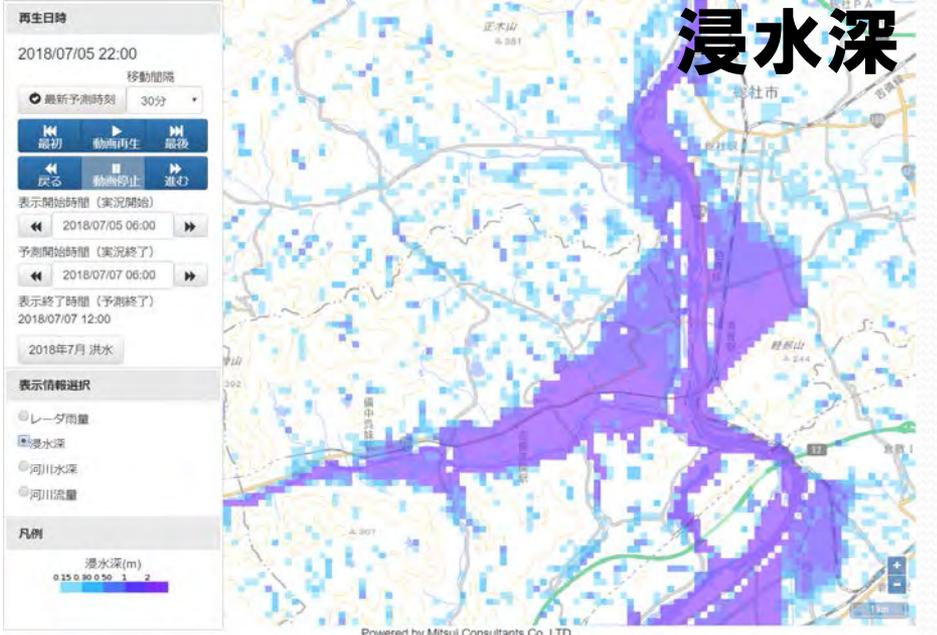
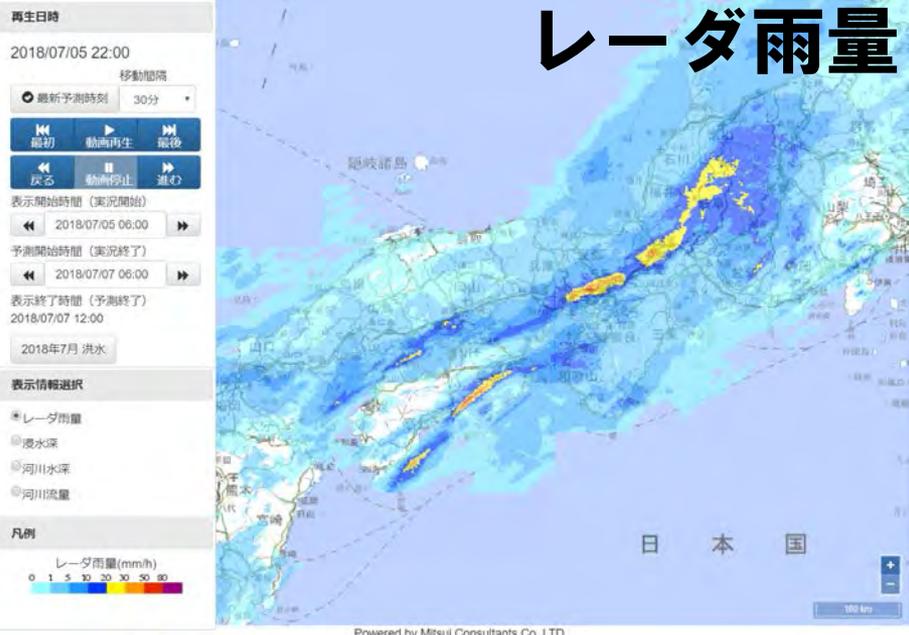
## ✦ ベクトル型スパコン

地球シミュレータ (JAMSTEC)

SX-Aurora TSUBASA (NEC)

➡ 全国版RRIリアルタイム氾濫予測への試み

# リアルタイム表示システムの表示内容



# リアルタイム表示システム

## 地図上で浸水深等の時系列変化を表示

表示時刻が変化（最新の計算結果がリアルタイムに更新）

動画再生  
任意時刻を表示（過去の結果も閲覧可）

河川を詳細に表現

レーダ雨量から  
浸水深に切替  
河川水深に切替  
河川流量に切替

マウス操作で  
自由に移動  
マウスホイールでも  
拡大・縮小

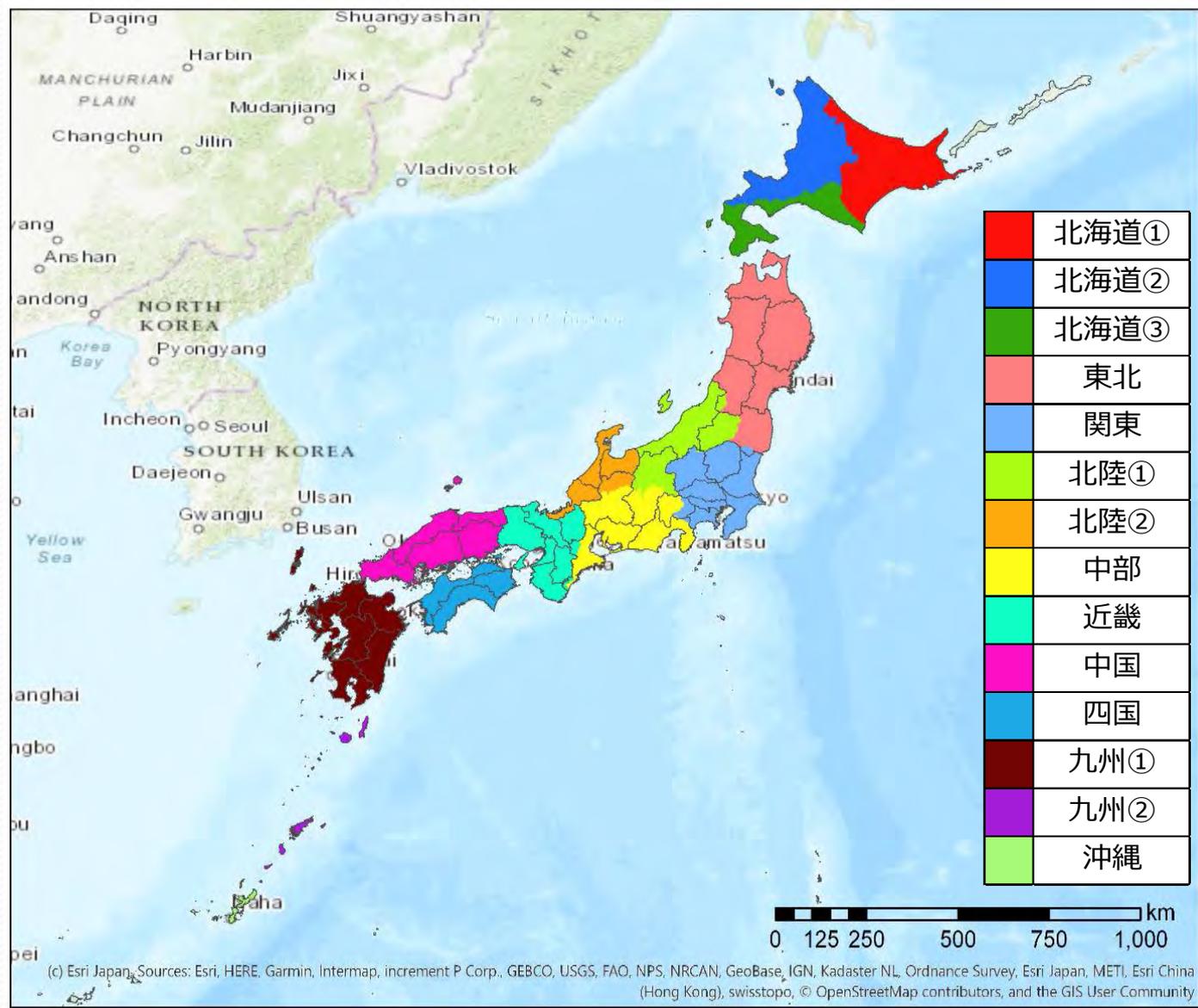
クリックで  
自由に  
拡大縮小

Powered by Mitsui Consultants Co.,LTD.

# 全国版RRIリアルタイム氾濫予測 モデル実態

# 全国分割モデル

- ✦ エリア分割は概ね地方単位
- ✦ 領域大の北海道は3区分
- ✦ 斜めに長い北陸は2区分
- ✦ 九州を本島と離島の2区分
- ✦ 県境付近で、岬等の氾濫原が重複しない流域界で分割



(c) Esri Japan, Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), swisstopo, © OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

# 全国モデルの空間解像度、範囲

地方	空間解像度	東西 メッシュ数	南北 メッシュ数
北海道①	4秒	3492	2943
北海道②	※日本域表面 流向マップ 1秒データ をスケール アップ	2992	2684
北海道③		3601	1603
東北		2491	4229
関東		2236	2176
北陸①		2462	2463
北陸②		2083	1972
中部		2891	2177
近畿		1984	2112
中国		3366	2379
四国		2528	1676
九州①		3161	3361
九州②		2405	3428
沖縄		715	788

# 参考) ダム流入量 (定数未設定, 検討開始前初期モデル)

地域	期間	備考
北海道①②③	2016.8.15~21	H28.8 北海道・東北豪雨(台風10号)
東北	2016.8.14~8.20	
関東	2015.9.6~9.12	H27.9 関東・東北豪雨
北陸①	2011.7.26~8.1	H23.7 新潟・福島豪雨
北陸②	2018.8.27~9.2	
中部・近畿・中国 ・四国・九州①	2018.7.2~7.8	H30.7 西日本豪雨
九州②	2010.10.17~10.23	H22.10 奄美豪雨
沖縄	2014.7.5~7.11	H26.7 台風8号

# まとめ

## 成果

- 4秒での**全国R R Iモデル**
  - **リアルタイム稼働システム**
  - **全国氾濫予測表示システム**
- } を構築

➔ **全国氾濫予測としてのプラットフォームが構築できた**

## 今後

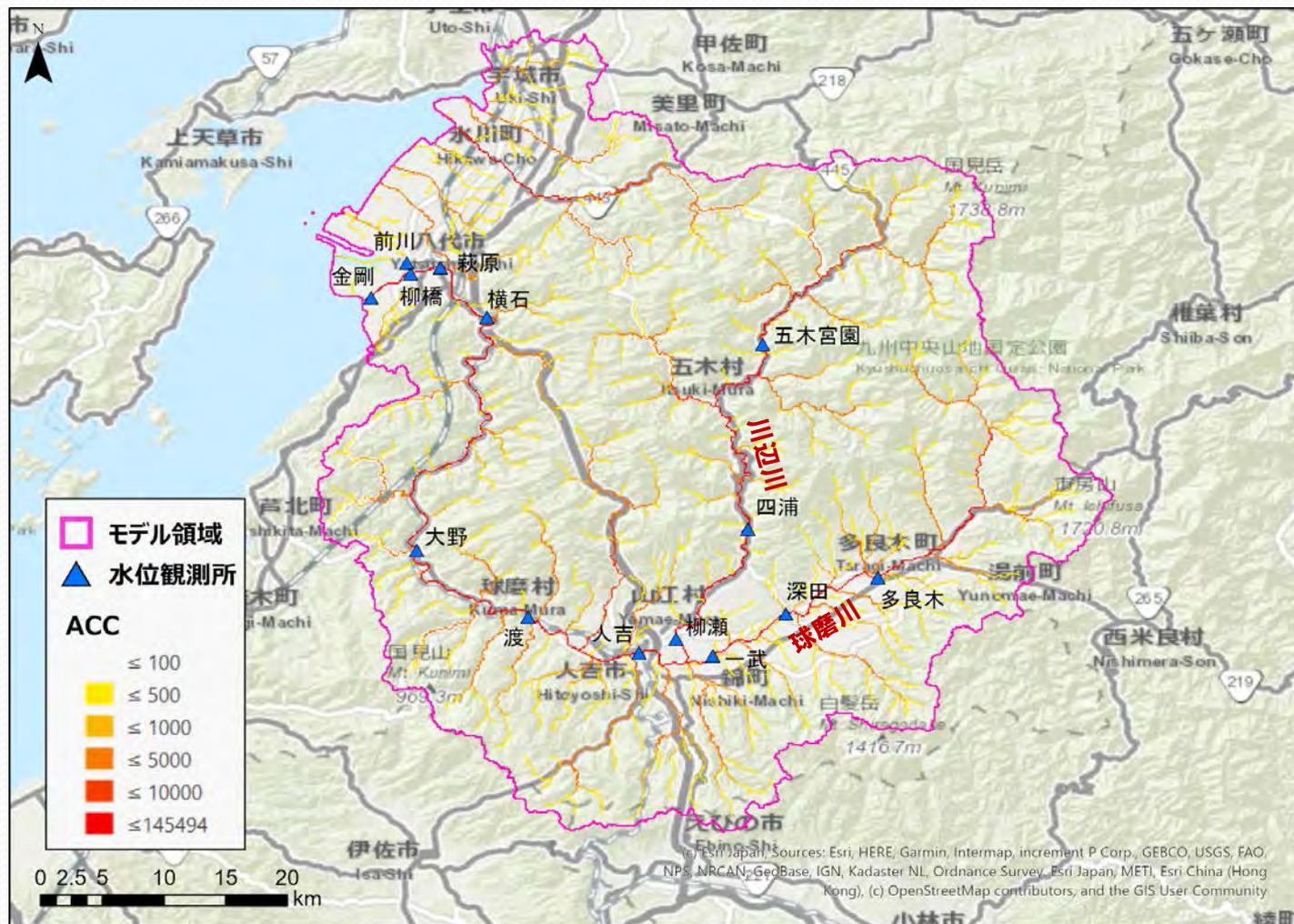
- **R R Iモデル**：各河川の精度向上
- **稼働システム**：更なる高速化
- **表示システム**：危険度をわかりやすく表示

# 全国版RRIリアルタイム氾濫予測 令和2年7月豪雨での調整

# 1. 球磨川水系

## モデル概要

計算期間：2020年6月27日0:00~7月13日0:00

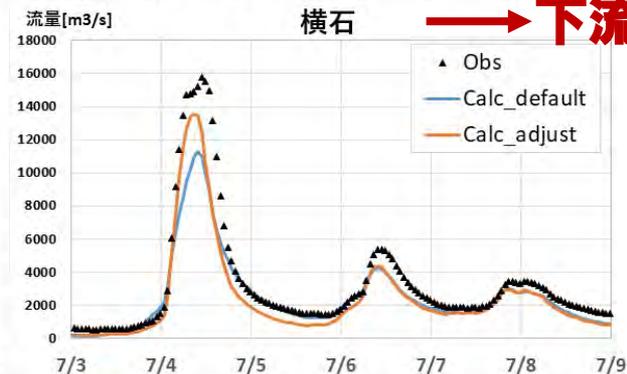
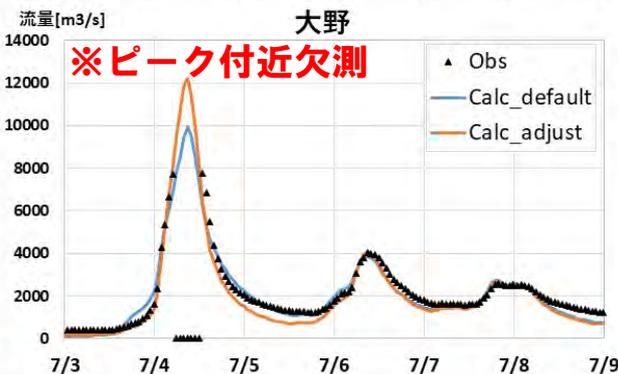
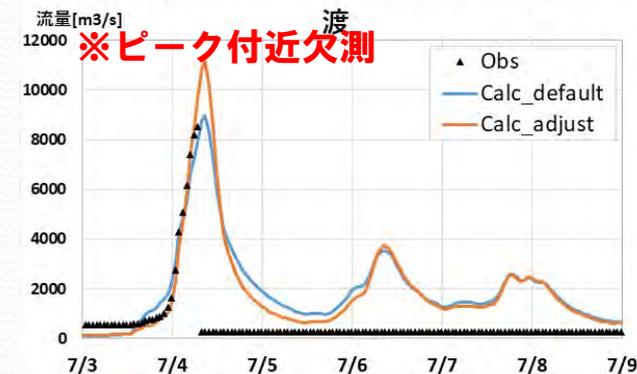
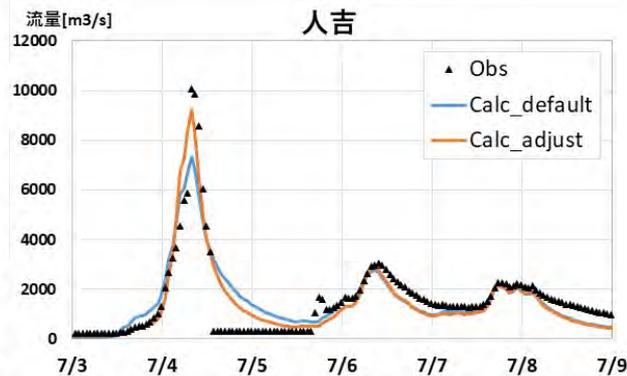
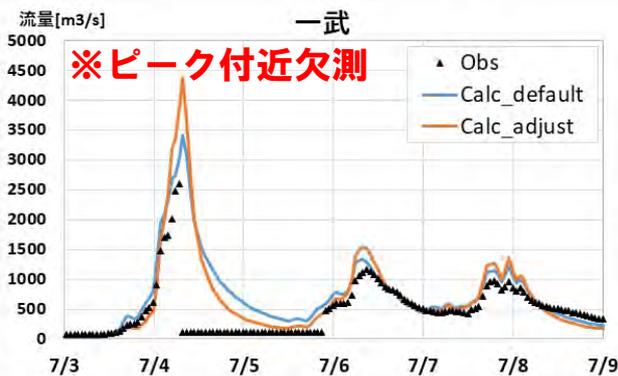
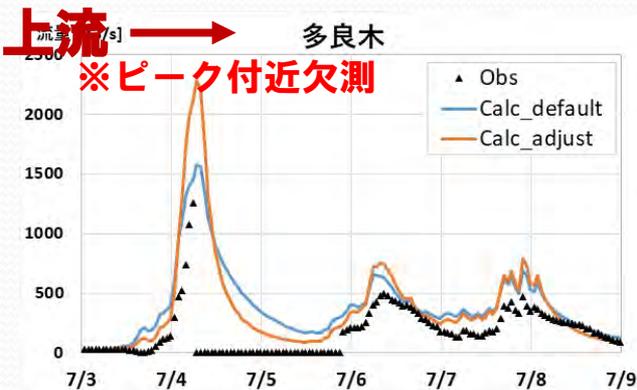


# 1. 球磨川水系

## 流量比較

### 球磨川本川

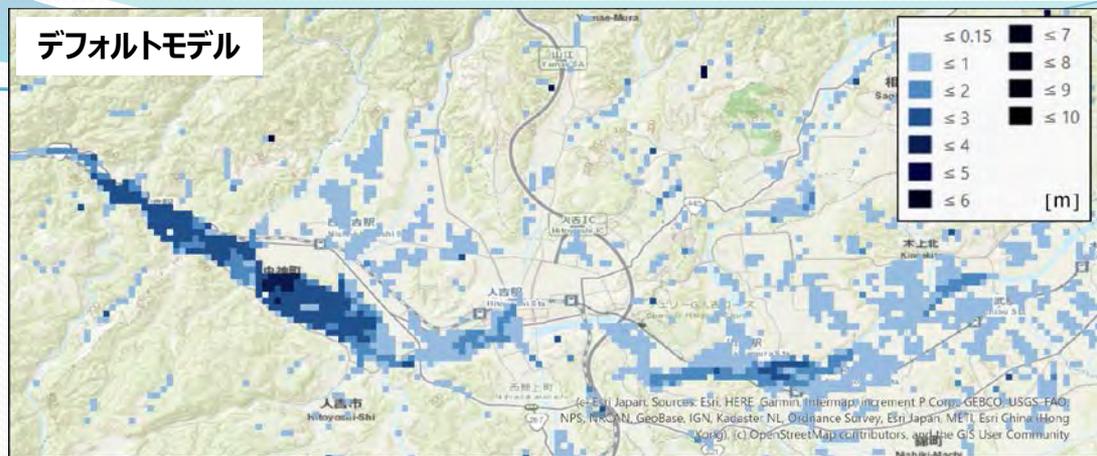
※流量データは、過去の洪水（2018年7月）よりHQ式を作成し、観測水位より算出



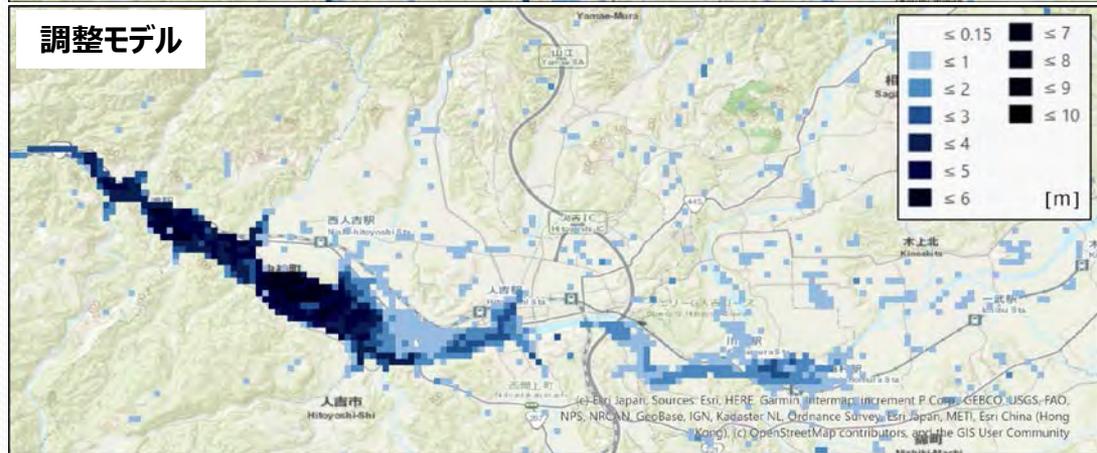
# 1. 球磨川水系

## 浸水深比較-人吉市

デフォルトモデル



調整モデル



国土地理院：令和2年7月3日からの大雨による浸水推定図  
2020年7月4日20時作成



# 2. 筑後川水系・矢部川水系

## モデル概要

計算期間：2020年6月27日0:00～7月13日0:00



(c) Esri Japan, Sources: Esri, HERE, Garmin, Intermap, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, GeoBase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

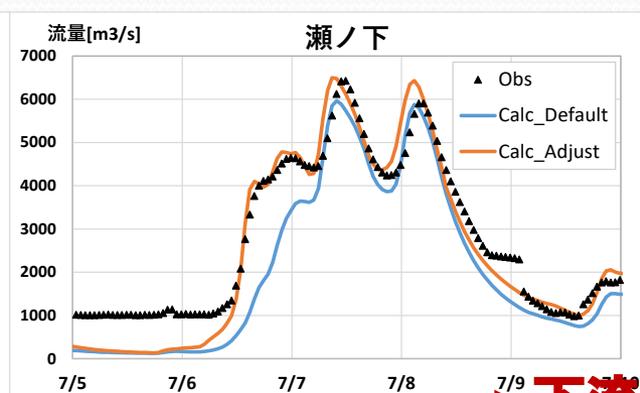
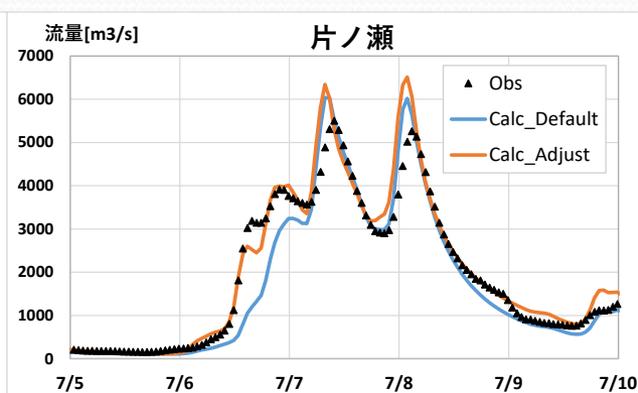
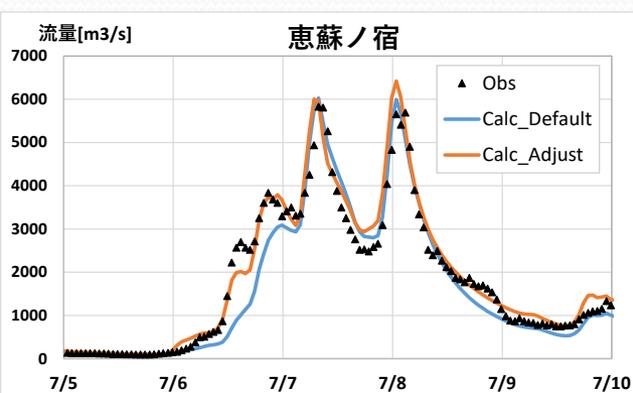
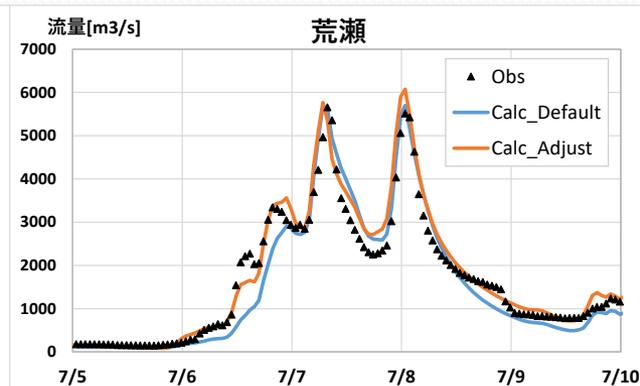
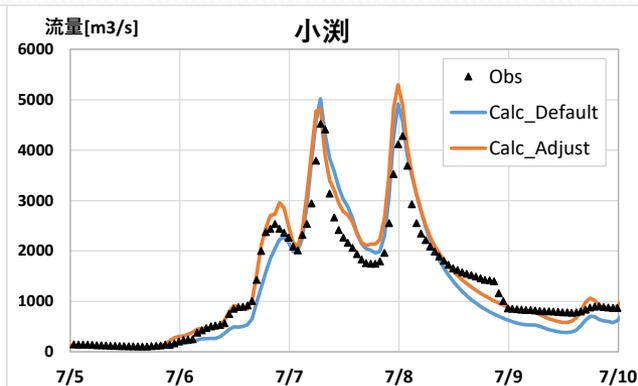
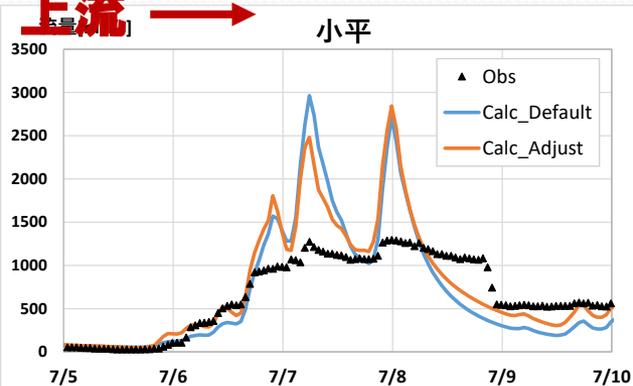
# 2. 筑後川水系

## 流量比較

### 筑後川本川

※流量データは、過去の洪水（2018年7月）よりHQ式を作成し、観測水位より算出  
※換算流量を算出できた観測所のみ表示

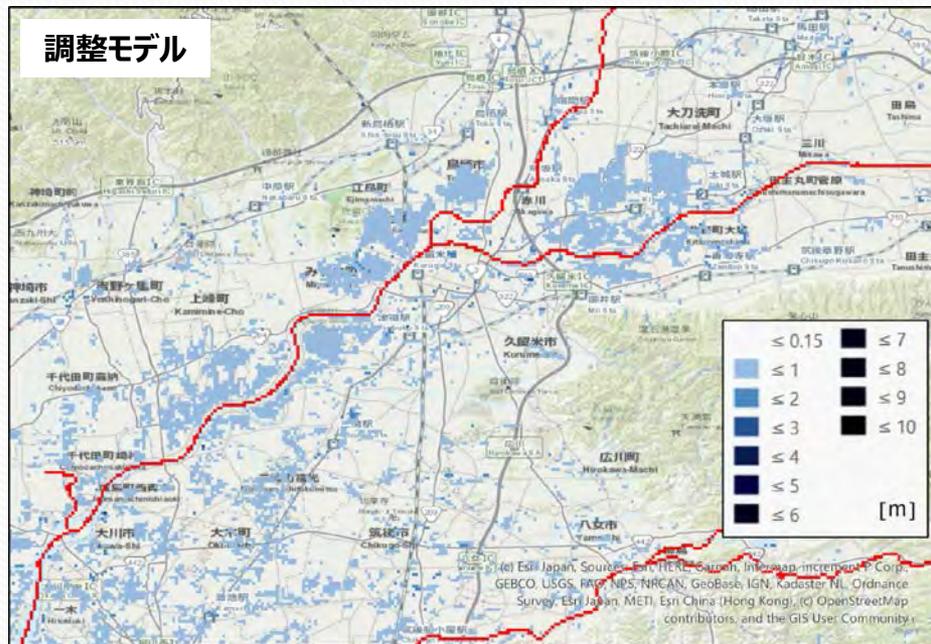
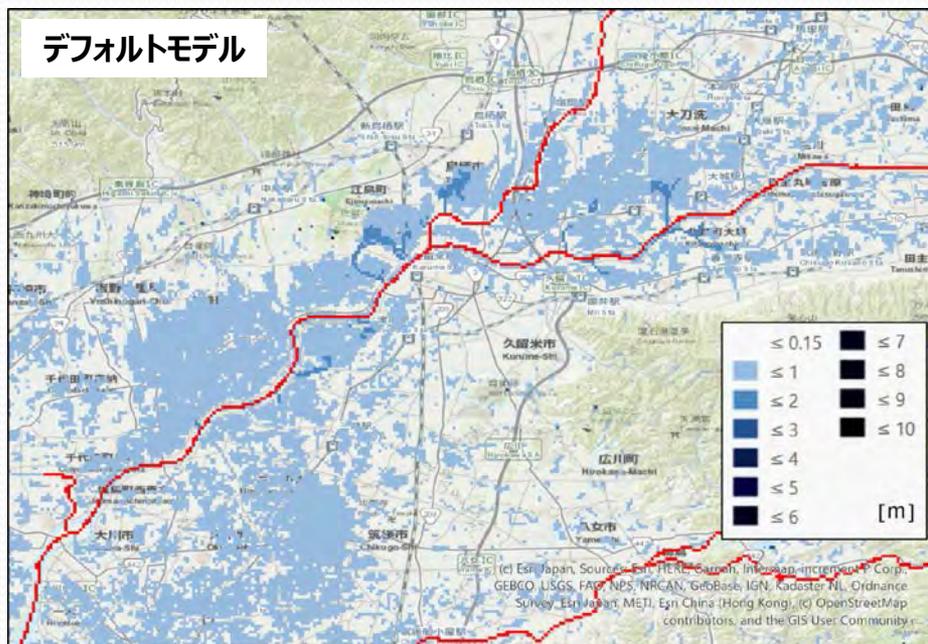
上流 →



→ 下流

# 2. 筑後川水系

## 浸水深比較



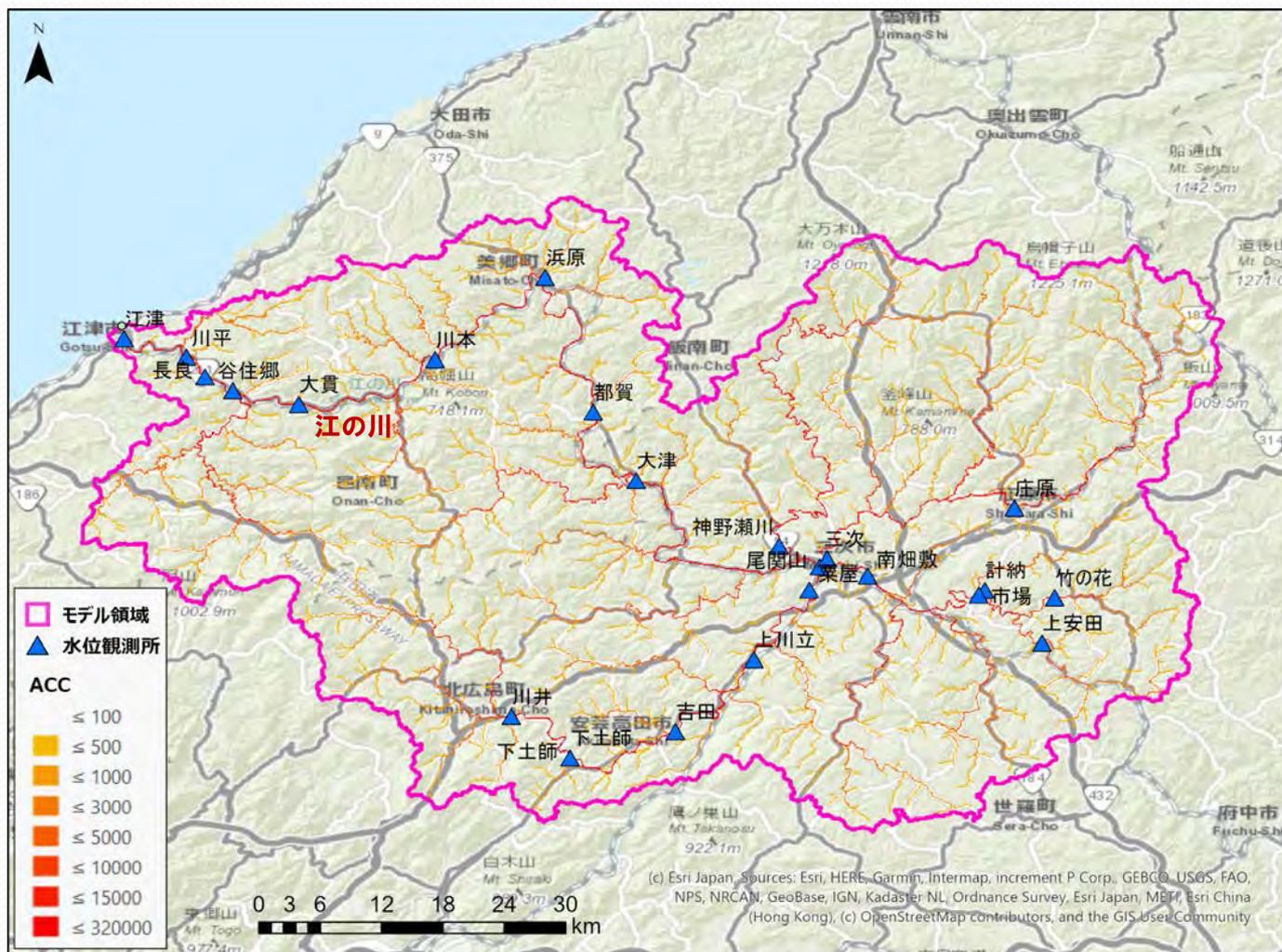
(c) Esri, Japan, Source: Esri, HERE, Garmin, Intel, Swire, InfoWave, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, Geobase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

(c) Esri, Japan, Source: Esri, HERE, Garmin, Intel, Swire, InfoWave, increment P Corp., GEBCO, USGS, FAO, NPS, NRCAN, Geobase, IGN, Kadaster NL, Ordnance Survey, Esri Japan, METI, Esri China (Hong Kong), (c) OpenStreetMap contributors, and the GIS User Community

# 3. 江の川水系

## モデル概要

計算期間：2020年7月1日0:00~7月17日0:00



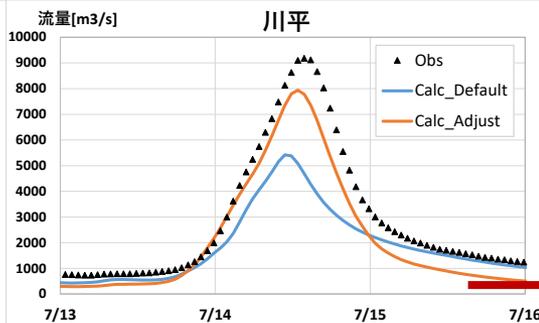
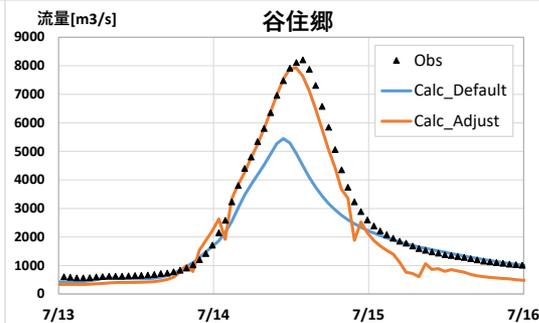
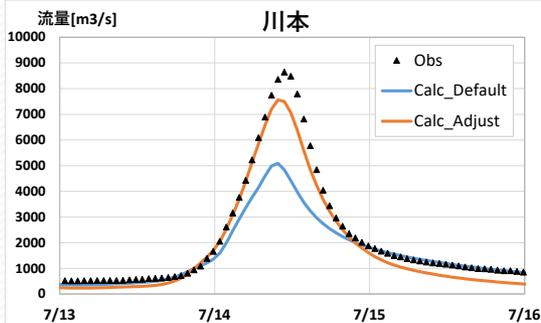
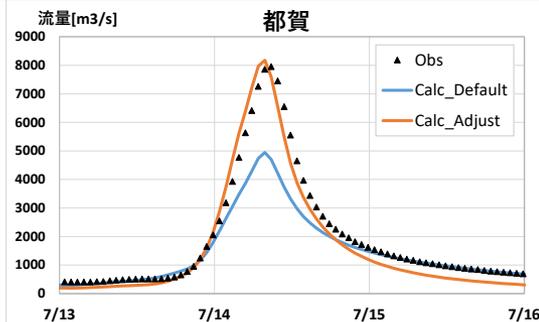
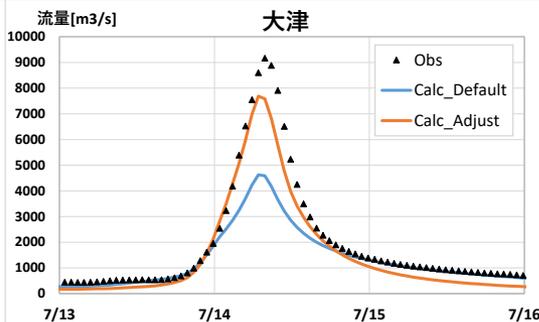
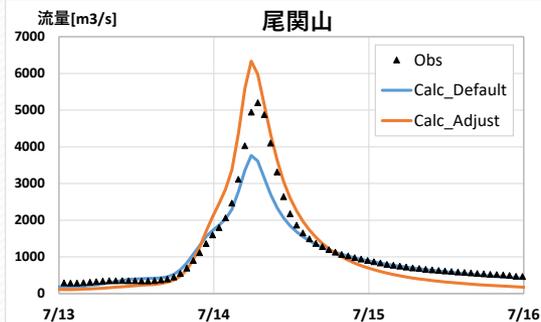
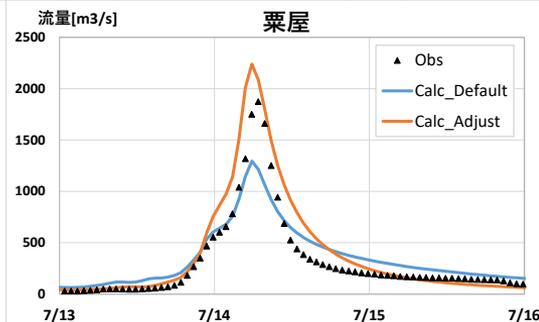
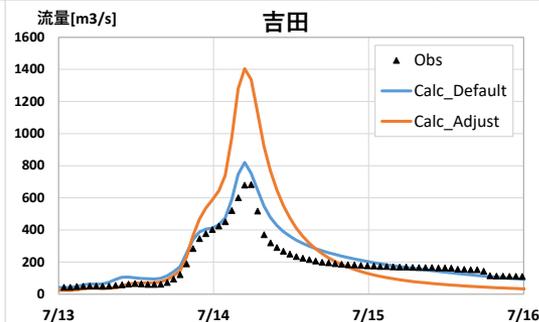
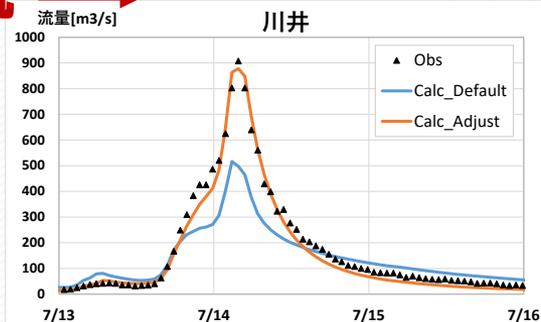
# 3. 江の川水系

※流量データは、過去の洪水  
(2018年7月)よりHQ式  
を作成し、観測水位より算出  
※換算流量を算出できた観測所  
のみ表示

## 流量比較

### 江の川本川

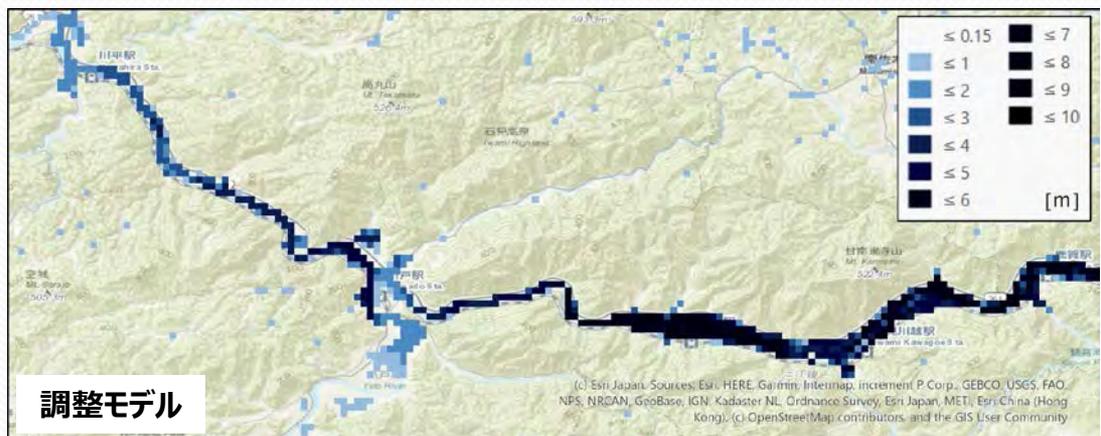
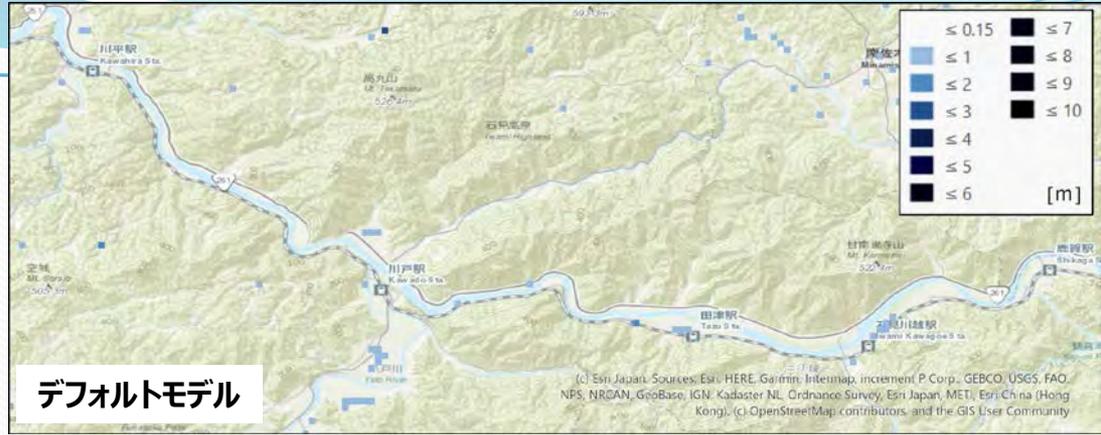
上流 →



→ 下流

# 3. 江の川水系

## 浸水深比較

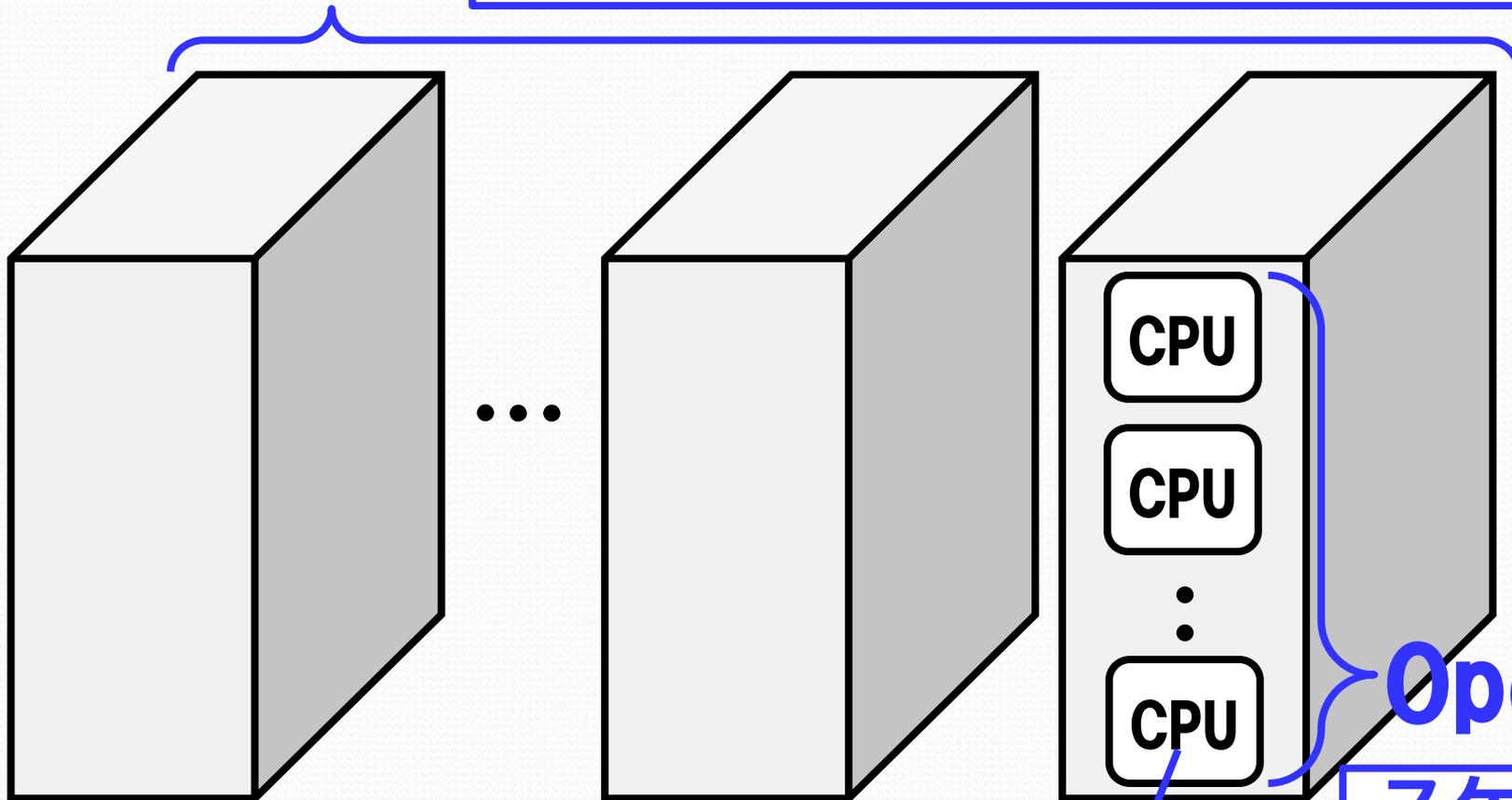


# 全国版RRIリアルタイム氾濫予測 高速化

# リアルタイム稼働（高速化検討）

スカラー型：並列台数を増やし能力向上  
(1命令1処理→逐次的処理)

MPI



ベクトル型：1CPUの計算効率UP  
(1命令複数処理→大規模計算)

OpenMP

スケーラビリティ  
リティ限界

# リアルタイム稼働（高速化検討）

## 計算環境

	CPU		GPU
	スカラー型	ベクトル型	
処理	1命令1処理 →逐次的処理	1命令複数処理 →大規模計算	画像処理→単純 計算の並列化
性能 向上	並列台数を 多くして向上	1CPUの計算 能力で向上	高い並列処理能力 (2880ユニット等)
代表	京・一般的PC (世界的主流)	地球シミュレータ (日本の強み:NEC) →SX-Aurora TSUBASA	CUDA OpenACC

# 高速化検討) 計算時間の比較

計算機	スカラー型 CPU	スカラー型 CPU & GPU	ベクトル型 CPU (SX-Aurora TSUBASA)	ベクトル型 CPU & MPI (SX-Aurora TSUBASA)
スペック	1ノード (8コア)	1ノード (8コア) & GPU	1ノード (8コア)	4ノード (計32コア)
方式	スカラー型 & openmp	スカラー型 & openacc	ベクトル化 & openmp	ベクトル化 & openmp & MPI
結果	約168分 (10,050秒)	約80分 (4,794秒)	約29分 (1,764秒)	約24分 (1,482秒)

5.7倍

2.1倍

1.2倍

ベクトル型の使用が資源効率が高い

# 全国版RRIリアルタイム氾濫予測 地形データ課題

# 【水域地盤高補正】河道設定

河道内地盤高があると河床が深くなる

元  
標  
高



河  
道  
設  
定

元  
標  
高



河  
床  
高



標  
高  
補  
正

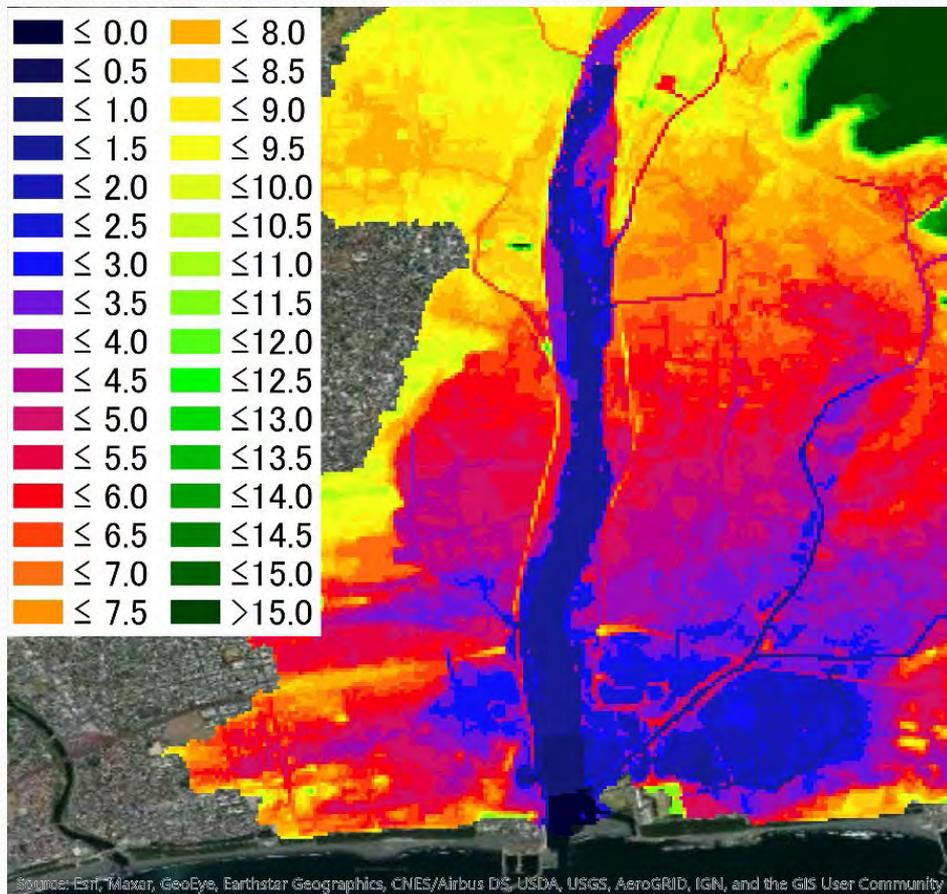


河  
床  
高

流出計算としての影響は小さいが、氾濫計算としての影響は大きい

# 【水域地盤高補正】 水域地盤高の除去

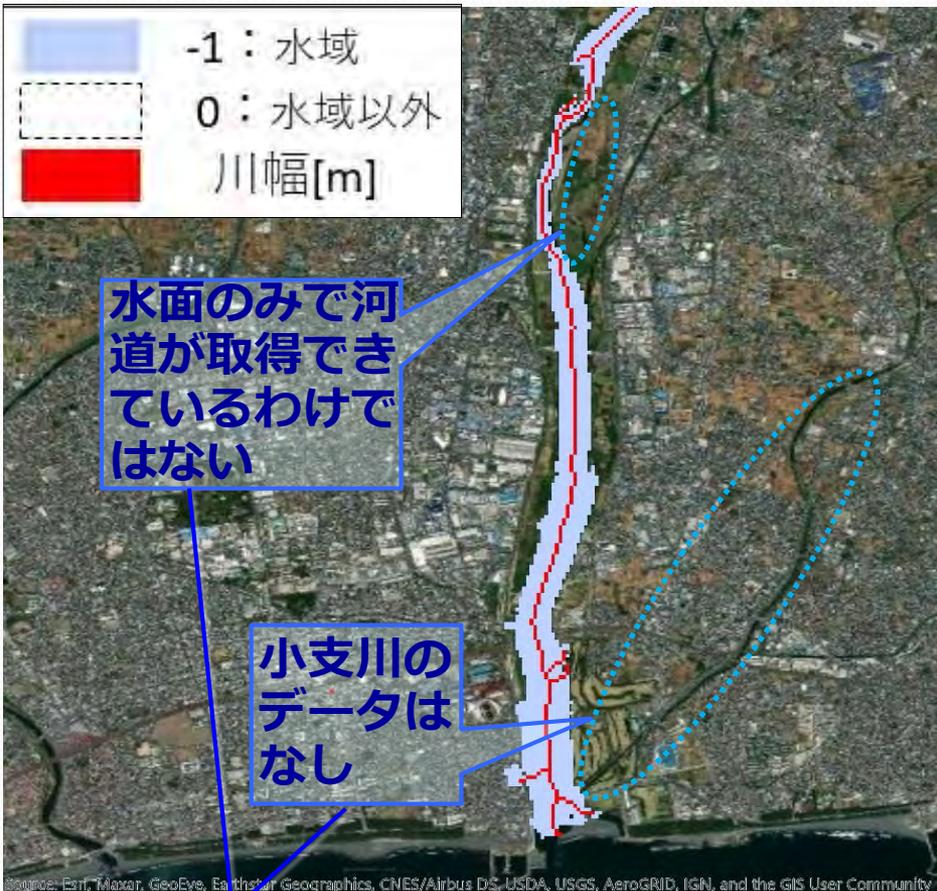
## DEM(日本域表面流向マップ)



河道の水面部分が深く、  
堤防が高く、詳細に表現  
されている。

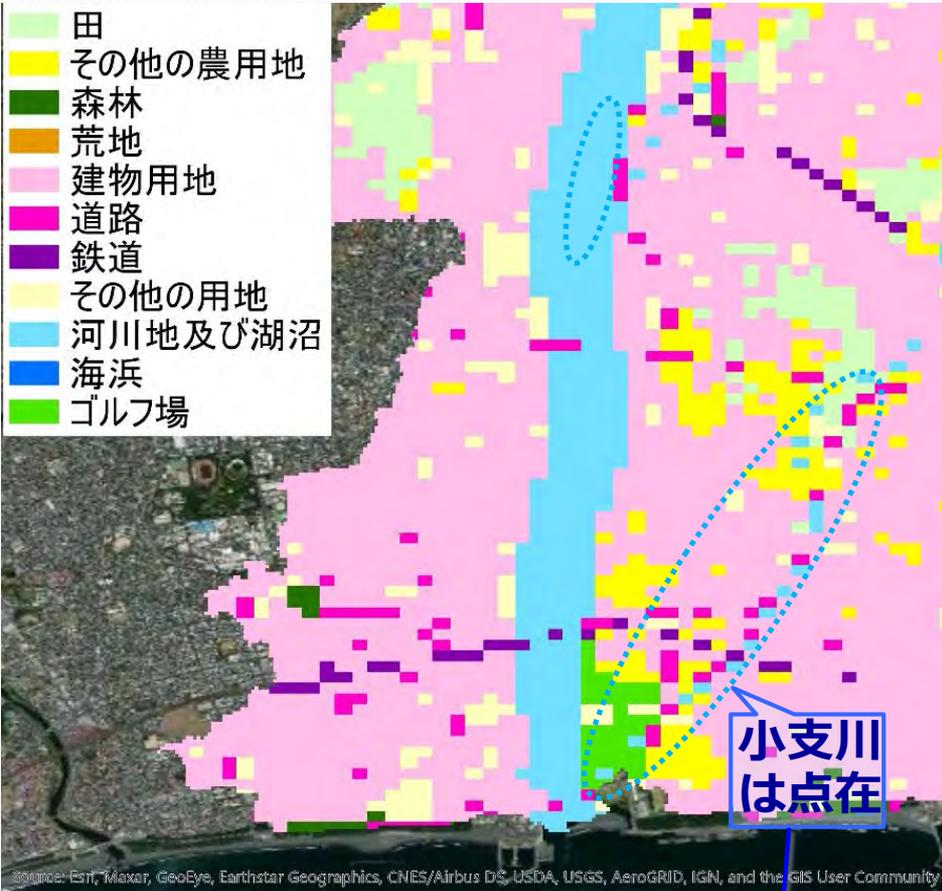
# 【水域地盤高補正】補正領域設定

## WTH(日本域表面流向マップ)



土地利用での水域考慮が必要

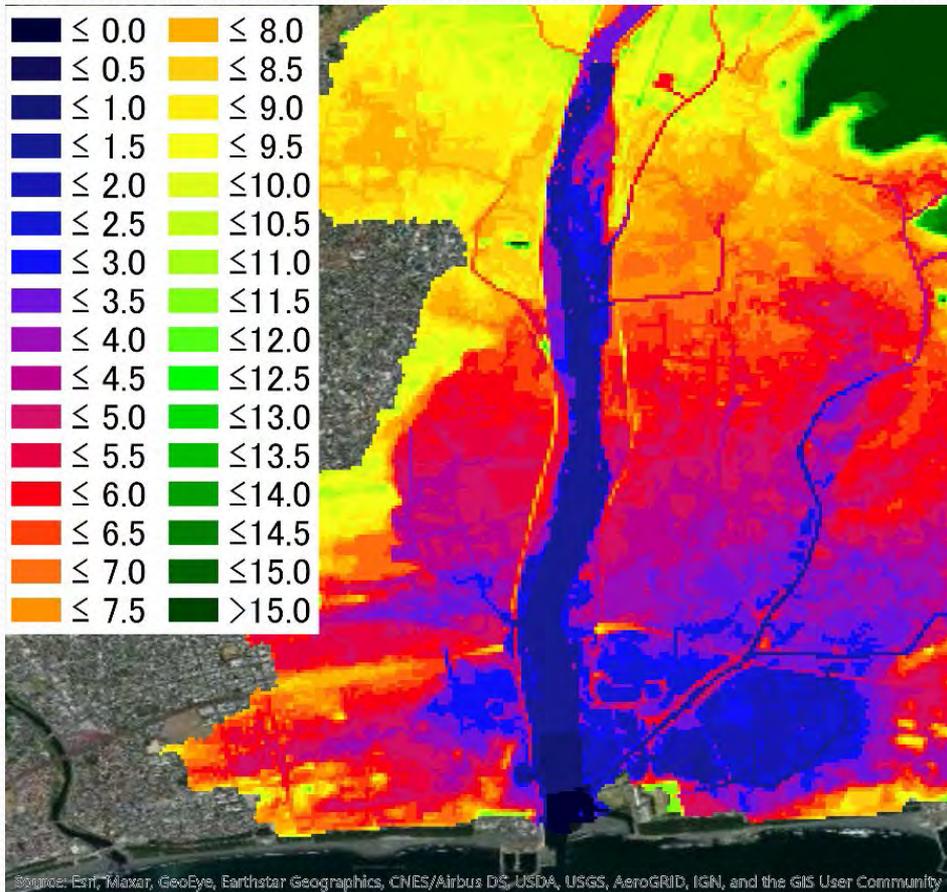
## 国土数値土地利用



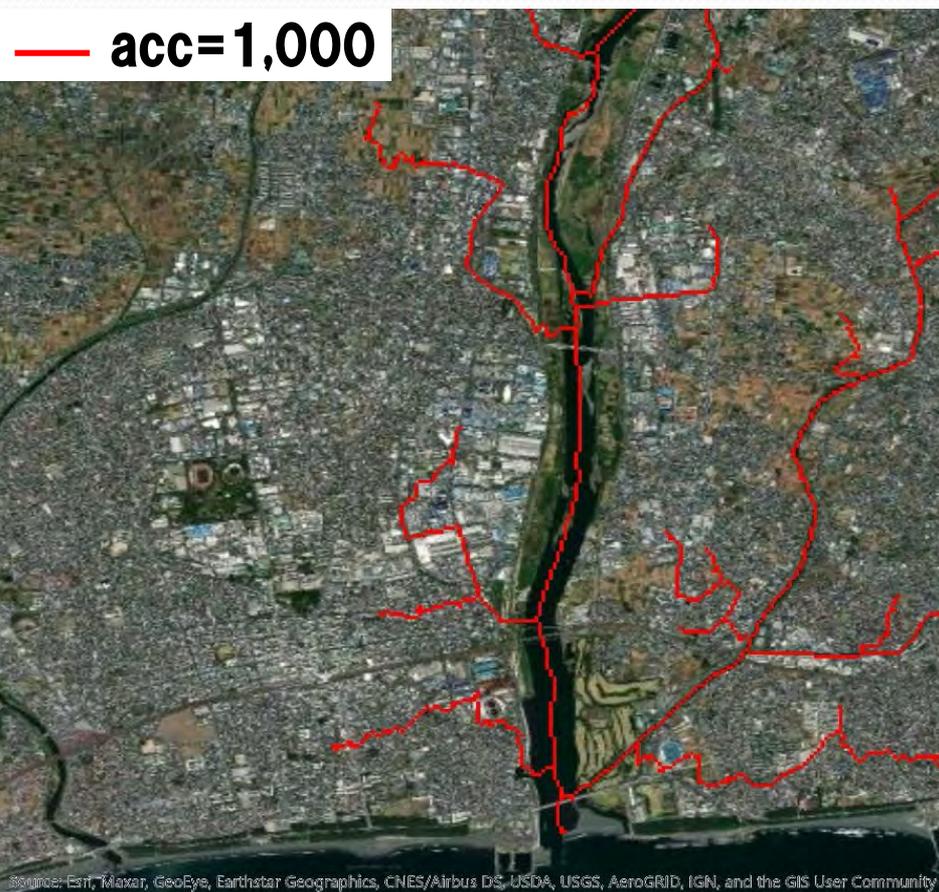
accでの水域考慮が必要

# 【水域地盤高補正】補正領域設定

## 1秒Dem



## 1秒acc

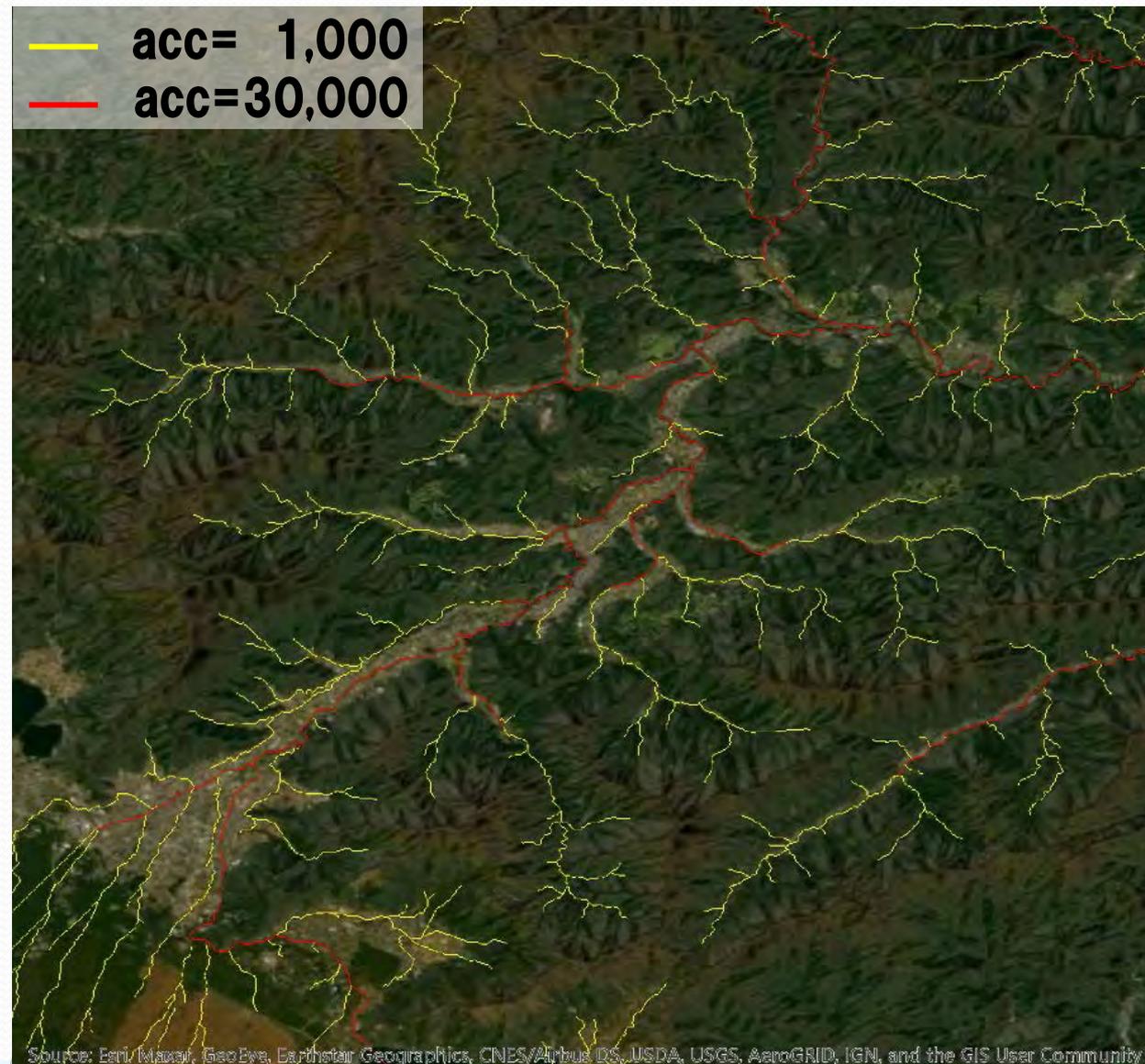


- 平地部の小河川取得は、1秒acc = 1,000程度

# 【水域地盤高補正】補正領域設定

## 1秒acc

— acc= 1,000  
— acc=30,000

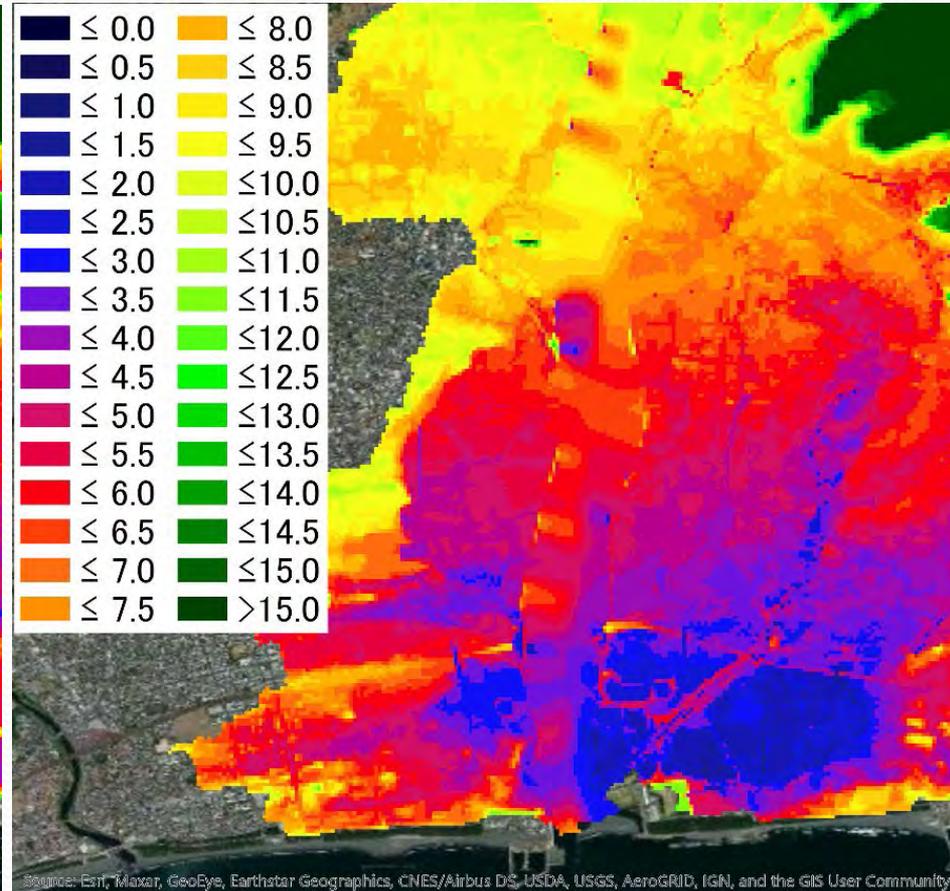
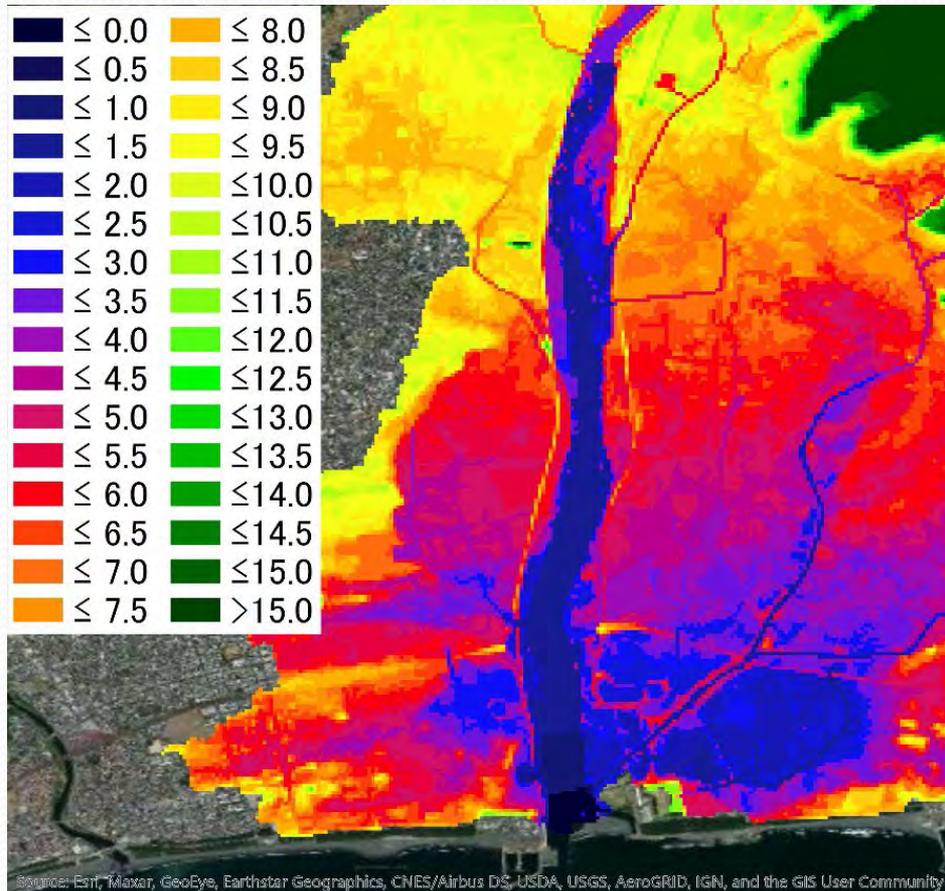


- 上流域での平地部は、acc=30,000程度

# 【水域地盤高補正】 水域地盤高の除去

## 水域地盤高補正前

## 水域地盤高補正後



河道で深くなっているところが除去されている

*Fin*