

第25回水シンポジウム2021 in ぐんま

「Today's Earth」を用いた洪水予測

東京大学生産技術研究所グローバル水文予測センター (GHPC)
JAXA地球観測研究センター

芳村圭



EORC

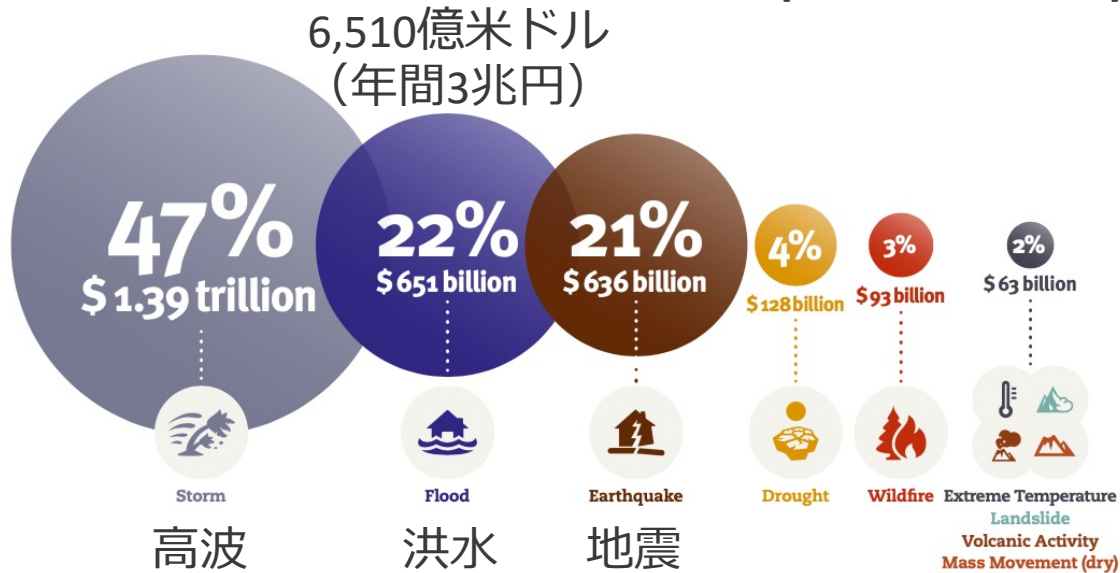


東京大学
生産技術研究所
Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo

世界の洪水被害

自然災害による経済被害（2000-2019）

[国連防災機関、2020]



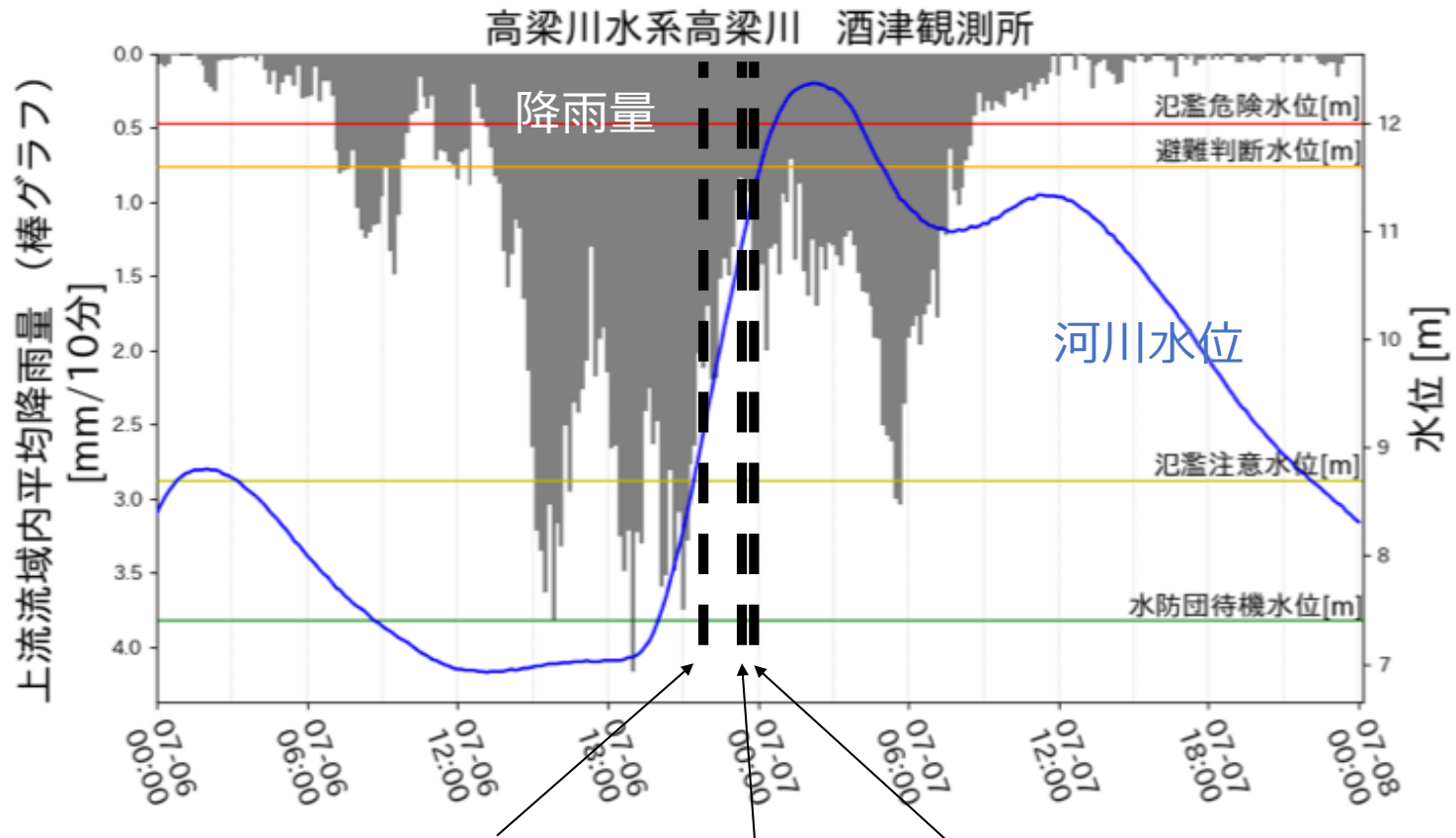
洪水は世界的に対策が望まれる
重要な災害の一つ

- 自然災害による経済被害上位10のうち半分が洪水による [EM-DAT]
- 105/139か国が対策すべき重要な課題と位置付け [WMO, 2008]
- 予測技術による対策が期待されている。



2015年9月 鬼怒川洪水
芳村撮影

平成30年豪雨：岡山県真備町 高梁川・小田川洪水（2018年7月7日）



7月6日22時頃にレベル4（はん濫危険情報）、真備全域に避難勧告

0時頃に大規模な氾濫が発生
0:30にレベル5（はん濫発生情報）

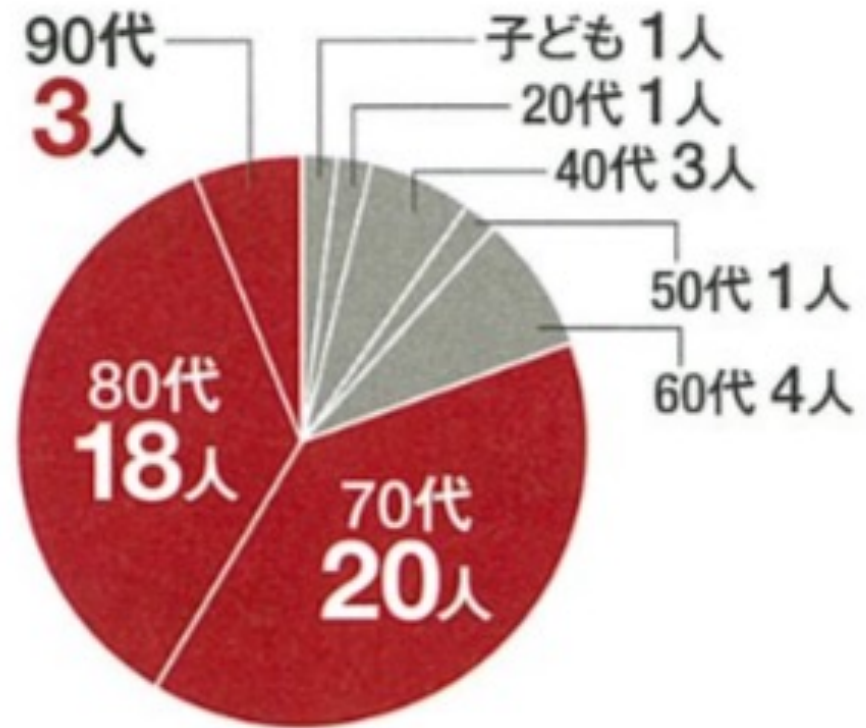
23:45より避難指示

平成30年豪雨：岡山県真備町 高梁川・小田川洪水（2018年7月7日）

〔図1〕死者の8割が高齢者

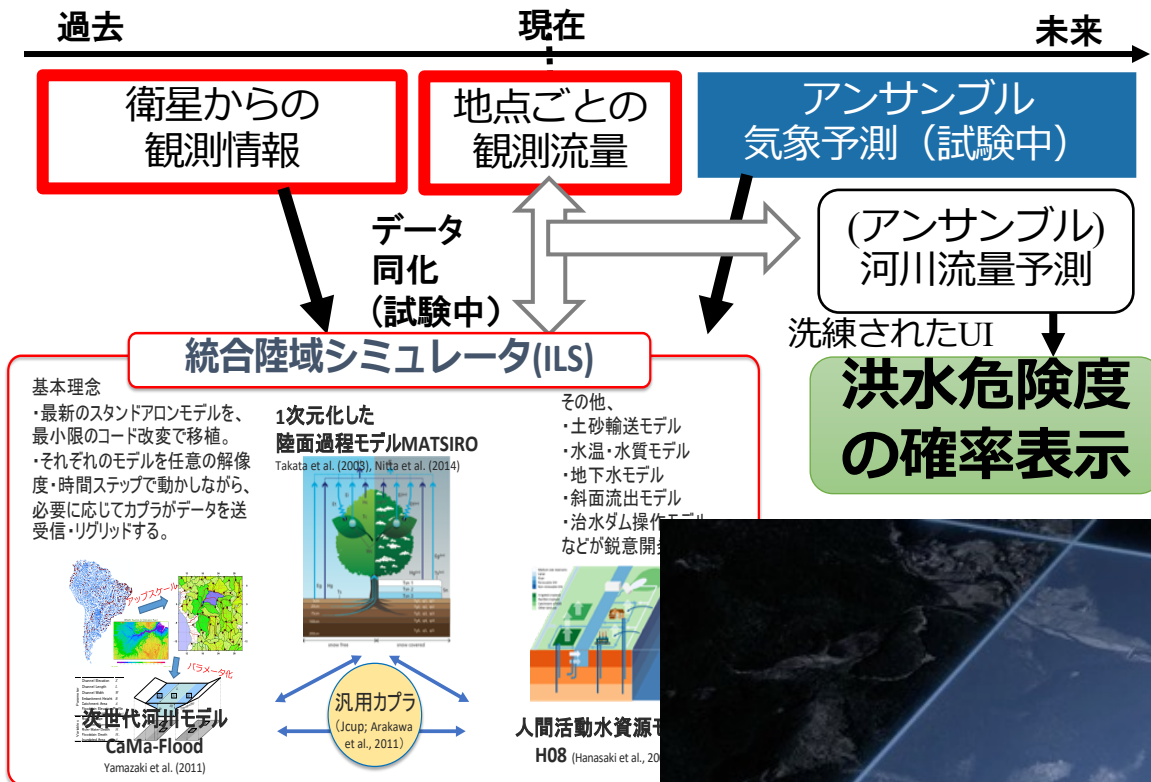
真備町における水害の死者数。70代以上の高齢者が8割を占める。深夜に小田川などが破堤したことや、高い浸水深が広範囲にわたったことなどが、被害者が増える要因となった

（資料：取材を基に本誌が作成）

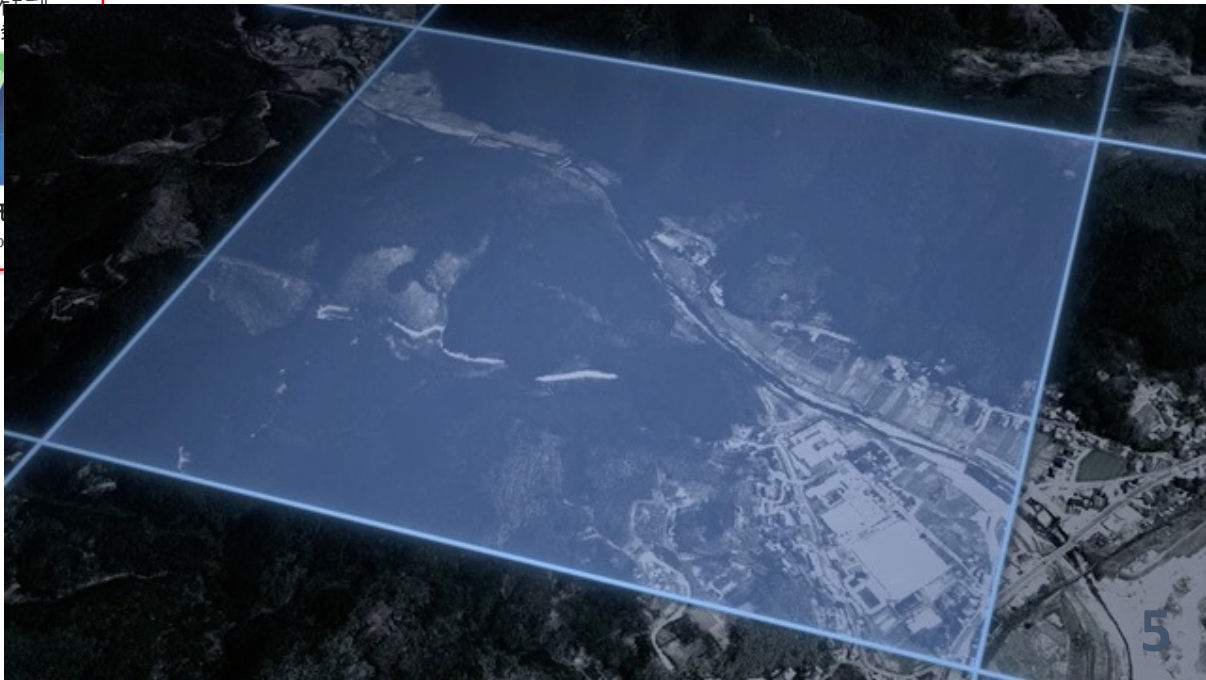


より長い予測はできないのか？

東大・JAXAのToday's Earth (TE) システム



日本全国を対象としつつ、ある程度高解像度 (1km) で正確かつ信頼性の高い洪水予測情報を十分事前(1~2 日前)に提供するシステム



陸面水文量シミュレーションシステム Today's Earth (TE)



陸上の水循環に関わる物理量（土壌中の水分量や河川流量等）について、衛星観測とモデルシミュレーションを融合し、リアルタイムにて推計・予測している。

Today's Earth -Global (全球システム)

全球50km格子、河川については約25km格子で運用中。
全球10km化やアンサンブル予測に向けた開発を実施中。

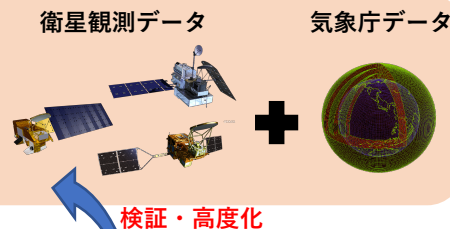
Today's Earth -Japan (日本域システム)

約1km格子で運用中。
2020年3月末にリアルタイム運用化(予測を含む)が完了。

	全球システム (TE-Global)	日本域システム (TE-Japan)
空間解像度	陸域：約50km 河川：約25km	約1km
時間解像度	3時間毎	1時間毎
レーテンシ	最短3日程度	リアルタイム ※予測も可（法規制の為限定公開）
使用衛星データ (検討中)	GSMaP, Terra/Aqua MODIS, SRTM30, NOAA AVHRR, (AW3D, GCOM-C)	SRTM30, NOAA AVHRR, (GSMaP, Himawari-8, ALOS HRLC)

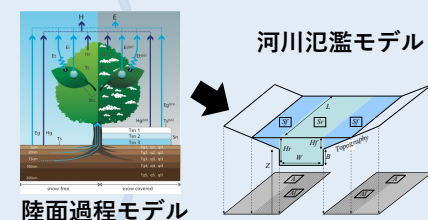
入力データ作成部：

衛星観測データと気象庁再解析/予報データを融合、モデル入力用の統合大気データセットを作成



モデル計算部：

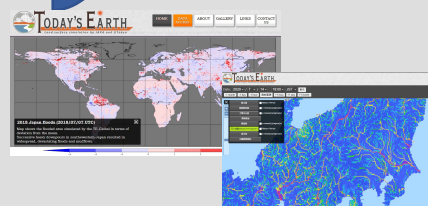
陸面過程モデル（陸・大気間の熱・水収支計算）と河川氾濫モデル（河川における流水計算）の組み合わせによる高度なシミュレーション



精度向上

データ提供部：

水循環に関連する各種物理量に加え、危険度情報も計算・画像表示し、ウェブサイトを通じて一般公開



【主な成果】

- WMO HydroSOSに、GloFAS (EU) WorldWideHype (瑞) などとともにデータ提供が進められている。
- 内閣府SIP IIに参加し、TE-Japanの予測データを**災害発生前の観測計画最適化に活用中**。
→ 令和2年7月豪雨では**筑後川氾濫時に実際の災害チャーター撮像範囲決定**に寄与。
- ALOS浸水域推定の事前情報としても**精度向上・計算効率改善に貢献**。

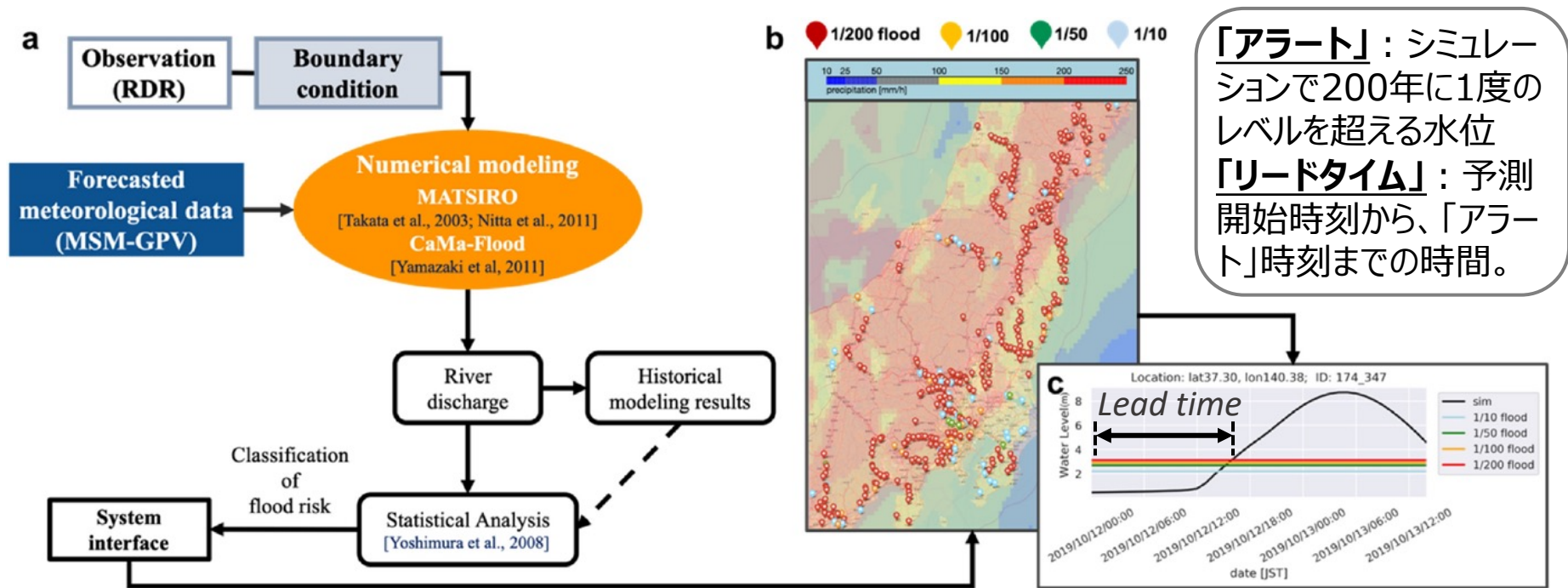
Today's Earth (TE)システムの洪水予測結果 2019年・台風19号



洪水予測のため、TEシステムでは4つのパートがある：

気象予測データ、陸域モデル、予測結果の統計分析、最後にアラートの生成。

予測データ(気象庁)	MSM-GPV (メソ数値予報モデルGPV) + RDR(全国合成レーダーエコー強度データ)
モデル(東京大学)	MATSIRO(陸面モデル) + CaMa-Flood(河川流下モデル)
検証データ(国交省)	堤防決壊箇所一覧(4月10日 9:00時点)



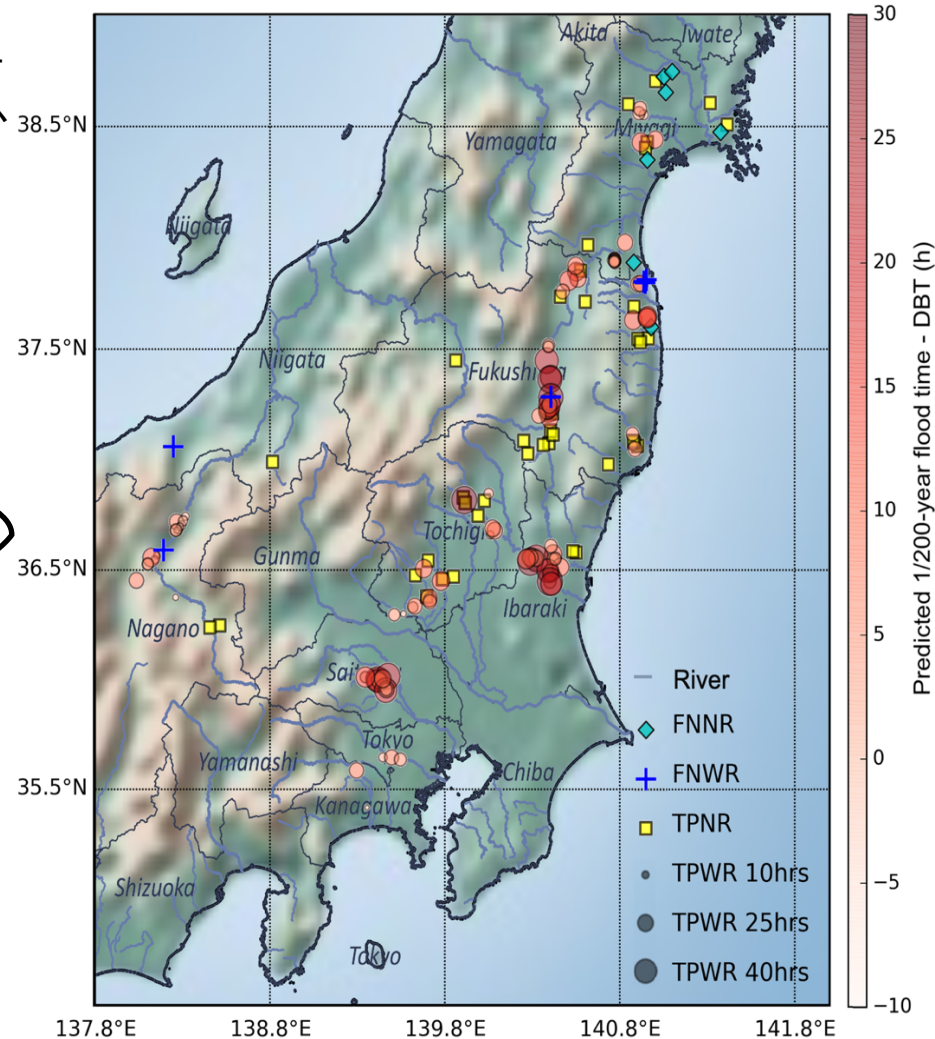
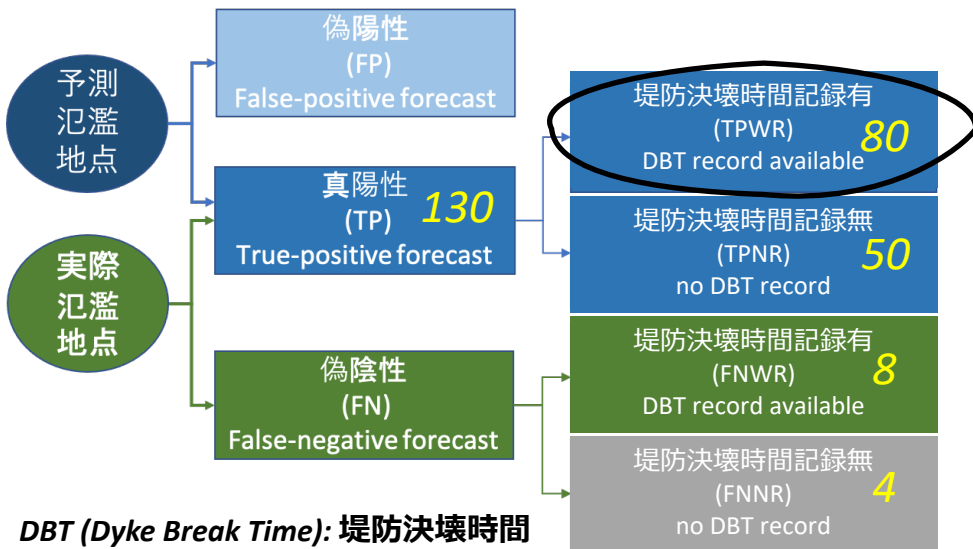
図：洪水予測システムの概略図。

a、システムの流れ。 b、2019年10月12日 00:00 JST の予測。 c、地点の予測例。

Today's Earth (TE)システムの洪水予測結果 2019年・台風19号



- 2019年台風19号は、10月12日に日本に上陸。政府はこの台風の被害に対し、激甚災害、特定非常災害に指定した。
- TEシステムの予測結果によって、堤防決壊地点142箇所の中、130箇所で「アラート」が出された。捕捉率は91.55%であった。

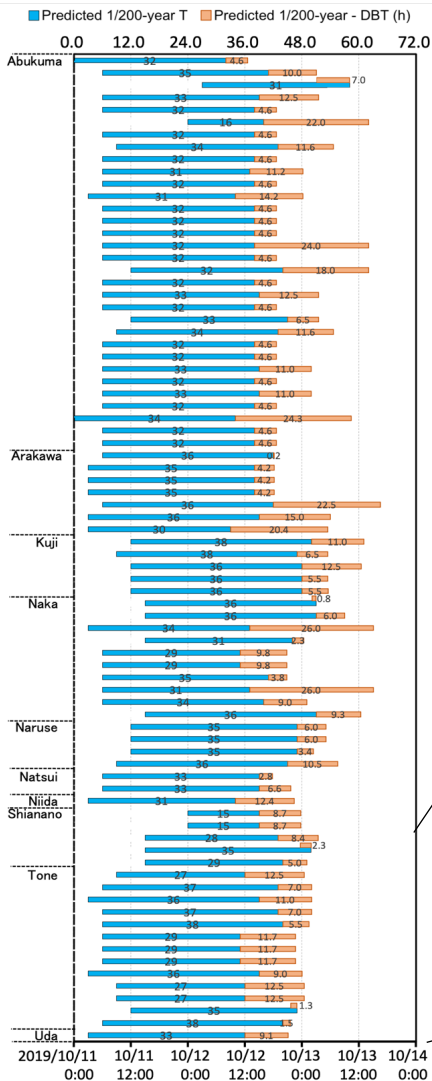


図：洪水場所の分類(左)と予測される場所とリードタイムの分布(右)。

Today's Earth (TE)システムの洪水予測結果 2019年・台風19号



➤ 堤防決壊地点と予測結果の比較



- 「リードタイム」の平均値は約32.75時間。
- 「アラート」が出る時間は実際の氾濫時刻と比べると8.53時間早め。

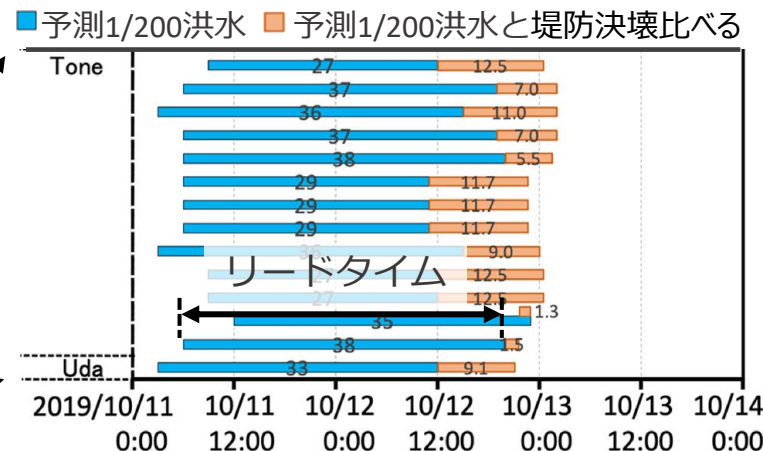
「リードタイム」：予測開始時刻から、「アラート」時刻までの時間
「アラート」：シミュレーションで200年に1度のレベルを超える水位

偽陽性 (FP)
False-positive forecast

堤防決壊時間記録有 (TPWR) **80**
DBT record available

堤防決壊時間記録無 (TPNR) **50**
no DBT record

「アラート」は全部で**542地点**
堤防決壊地点との空振率は**76.0%** (412/542)



Ma, W., Ishitsuka, Y., Yoshimura, K. *et al.* 2021.

Applicability of a nationwide flood forecasting system for Typhoon Hagibis

Scientific Reports

<https://doi.org/10.1038/s41598-021-89522-8>

Today's Earth (TE)システムの洪水予測結果 2019年・台風19号

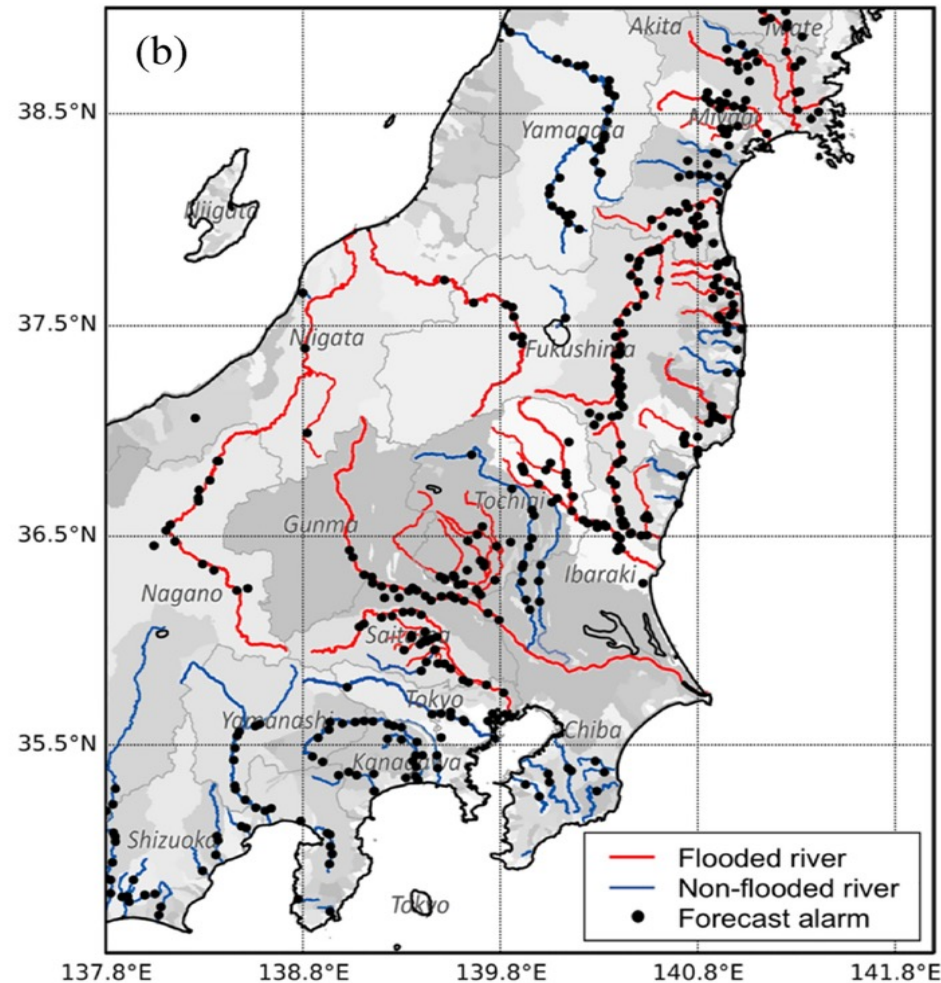


➤ 堤防決壊した河川と予測結果の比較

- 台風19号により**堤防決壊した河川(赤)**と**堤防決壊していない河川(青)**では、ともに多数の「アラート」が出現している。
- 21の一級河川で洪水の発生を予測したが、4つの一級河川には実際には堤防決壊がなかった(青)。これは予測の観点から過大評価と見なされる。
- しかし、観測や実際の報告が不足しているため、これら4つの主要な河川周辺では安全だったというわけではない。

➤ 今後洪水予測の問題

観測データの不足
気象予測データの精度の改善
モデル精度と空間解像度の改善
予測リードタイムの延長



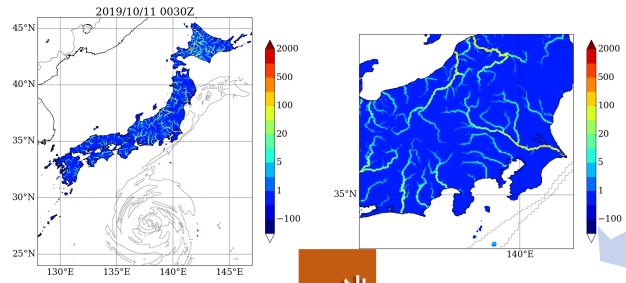
図：台風19号による予測アラートと堤防決壊した河川の空間分布。

洪水時におけるモデルと衛星観測の融合

高度化した浸水域情報の提供に向けて

【発災/観測数日前～数時間前】

- TE-Japanによる定常的な予測情報の提供



データ提供

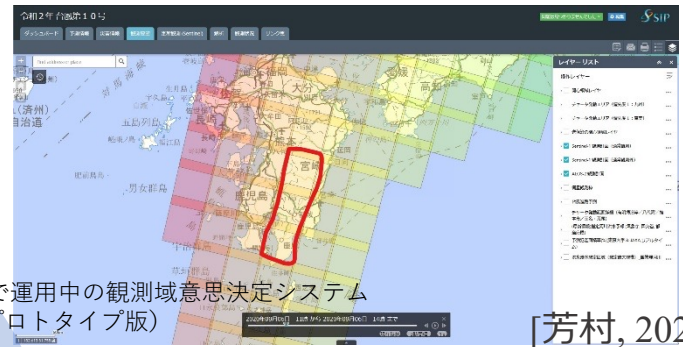
衛星緊急観測
(だいち2号等)

時間の流れ

データ提供

【発災/観測数日前～数時間前】

- TE-Japan予測に基づく衛星観測の撮像域決定 (画像は2020年9月台風10号の際の事例)



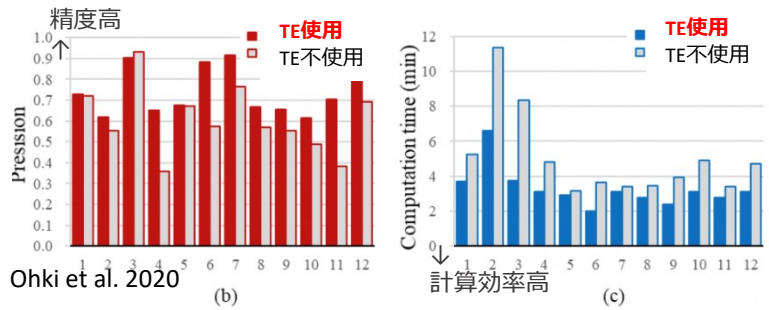
SIPで運用中の観測域意思決定システム (プロトタイプ版)

[芳村, 2021]

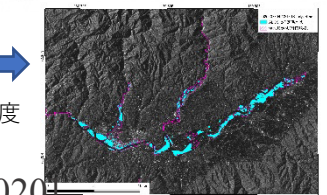
発災

【発災/観測時～数時間後】

- TE-Japanの推定値を用いた浸水域推定精度と計算効率の改善



Ohki et al. 2020



迅速かつ高精度な水領域推定

情報提供

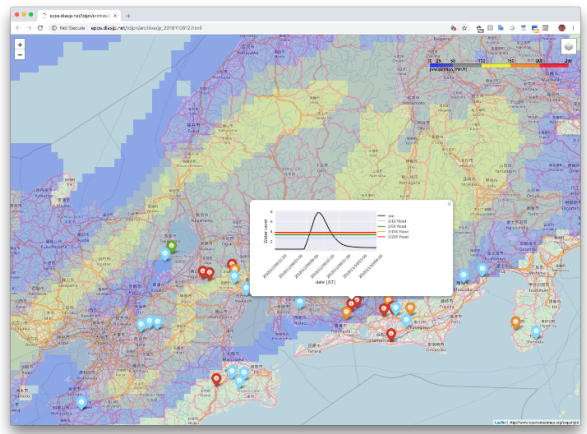


地方自治体・関係機関等

フィードバック

【研究途上・検討中】

- TE-Japan推定浸水域のとの検証・比較
- 浸水域等の衛星観測のデータ同化及び予測



まとめ

- 世界的に洪水は高頻度発生災害として影響大。温暖化でさらに高頻度化・激甚化することが見込まれている。日本においても例外ではない。
- 洪水予測は被害軽減の重要な手段の一つ。世界的に技術開発が進んでいる。精度の良さとリードタイムの長さ、両方の改善が急務。
- より長いリードタイムの洪水予測を実現するため、JAXAと東大でToday's Earth-Japan (TE-Japan) を開発した。
- TE-Japanの性能を2019年台風19号で検証した結果、決壊した142地点中130地点において、30時間以上前から洪水発生が予測されていた。空振り率は76%だった。その内容を記した論文がScientific Reports誌に掲載された。
- それを受けて、TE-Japanでは、衛星撮像域決定支援を行うなど、衛星観測とモデルシミュレーションとの融合が進められている。

ご清聴ありがとうございました。



<https://www.eorc.jaxa.jp/water/>



EORC



東京大学
生産技術研究所
Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo