一般講演

将来の豪雨に備える河川管理・被害軽減に関する研究開発

寒地土木研究所　寒地水圏研究グループ
寒地河川チーム　上席研究員　正木　孝治

講演の構成

1. はじめに
2. 急流河川における側方浸食による堤防被災の低減に関する研究
3. 堤防決壊時における緊急対策工事の効率化に向けた研究
4. AIを活用した浸水予測のための技術開発
5. おわりに

急流河川における側方浸食　研究開発の背景

- 急流河川では、河岸侵食による堤防被災・氾濫被災が頻発



十勝川水系　音更川
（帯広開発建設部提供）



石狩川水系　辺別川
（土木学会災害調査団報告書（平成28年8月　北海道豪雨災害調査団）に加筆）
https://committees.jsce.or.jp/hydraulic05/node/23

急流河川における側方浸食　研究開発の目的と課題

- 研究開発の目的
  - 急流河川における 河岸侵食による堤防被災リスクの予測技術
  - 要対策箇所の効率的な評価手法・河道管理手法の開発

- 堤防侵食の危険性は・・・

堤防侵食の危険性 ＝ 堤防と河岸との距離
× 河岸侵食の生じやすさ（侵食発生の可能性、侵食規模）

- 研究開発にあたっての課題

✓ **長大な河川全体にわたって**堤防侵食の危険性を評価する必要性

→優先的に対策すべき箇所を特定することは容易ではない。

✓ 急流河川は、出水時に河道が変化しやすいため、**出水の度に堤防侵食の危険性を評価し直す必要あり**

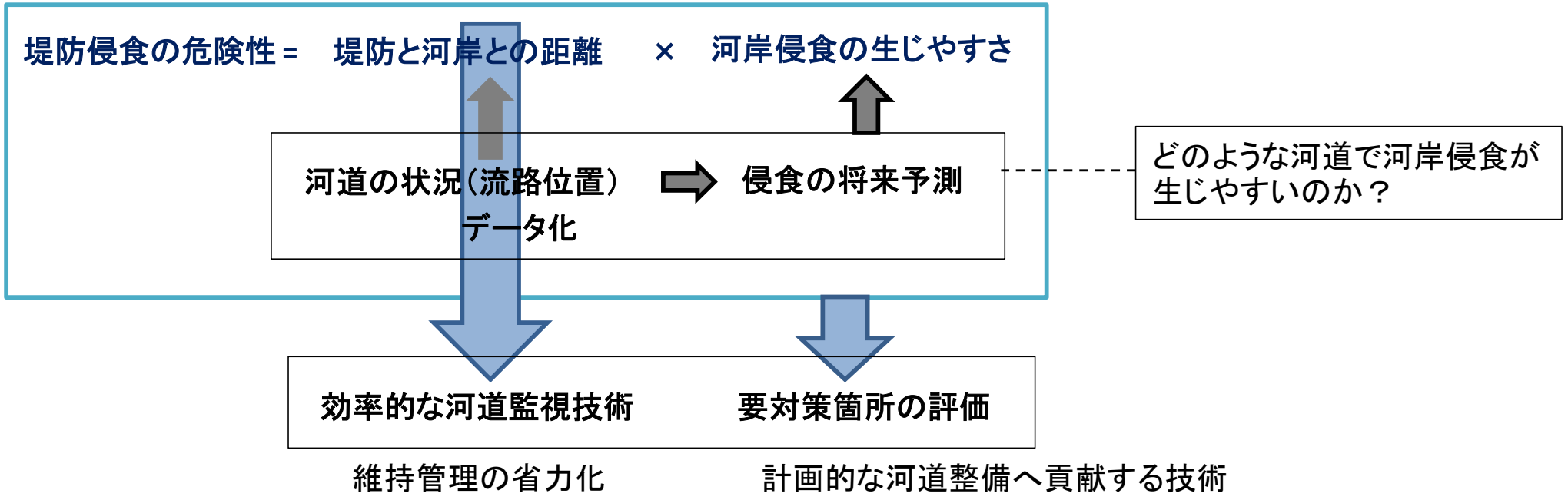
→効率的な評価手法が求められている。

急流河川における側方浸食　研究開発の流れ

- データ解析技術等を活用し、実河川での河道状況（主流路等）の効率的把握
- 稼働状況の変遷等から経験的に将来のリスクを予測する技術の開発

を進めている。

■ 研究実施フロー（イメージ）



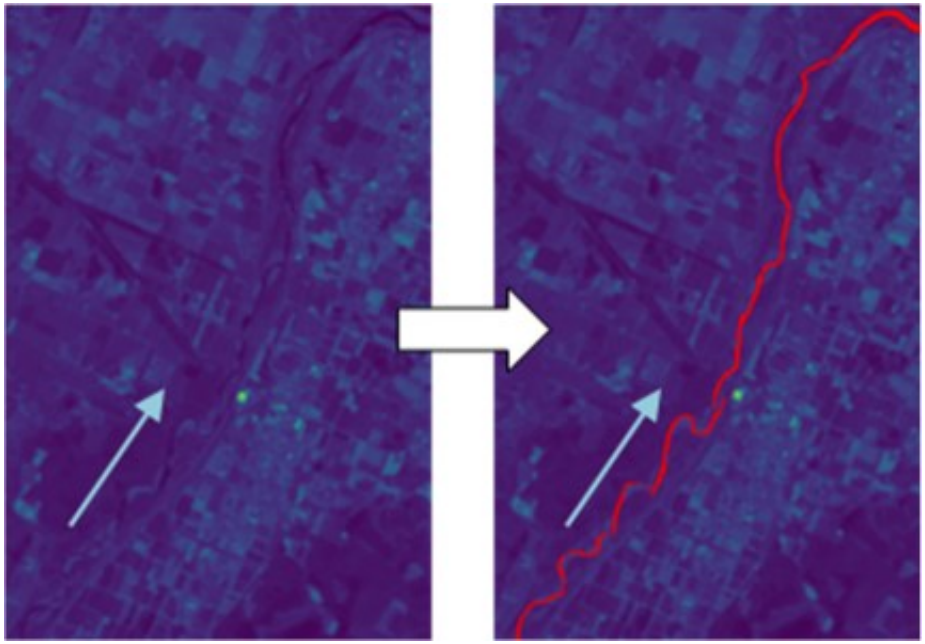
■ 研究手法

（河道監視）　　（河岸侵食の生じやすさの把握、予測）

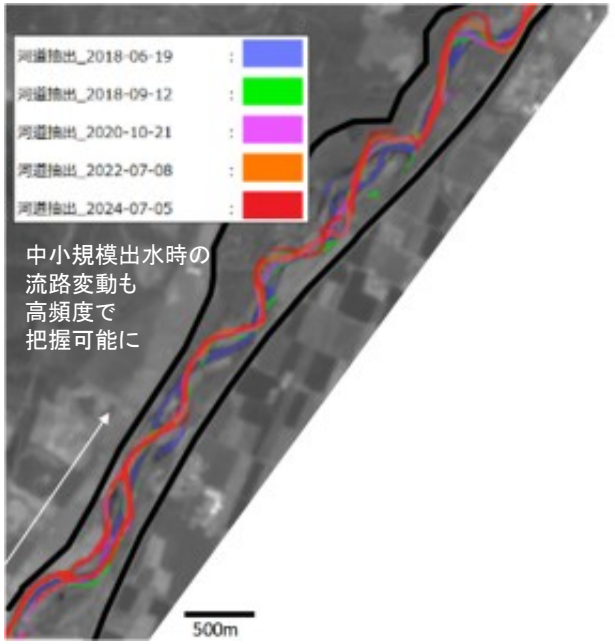
河道変遷可視化システムの開発　⇔　可視化システムから抽出したデータの活用

急流河川における側方浸食　研究開発の内容

- 衛星画像等から主流路の位置を自動的に抽出する技術を開発することで、高頻度かつ効率的な河道状況の把握が可能となり、河道変遷の可視化が可能となった。



衛星画像から主流路を自動抽出



出水毎に河道変遷の可視化が可能

無料の衛星画像（Sentinel2）を活用することで、最短5日周期で主流路の位置を把握
→1出水前後の河道変遷を把握可能

延長約30km区間の流路位置の抽出作業（1出水前後）
　手作業：約6時間
　本技術：約10分間

急流河川における側方浸食　研究開発の内容

- 堤防から主流路までの距離を算定することで、距離に応じた危険性の判別が可能となった。

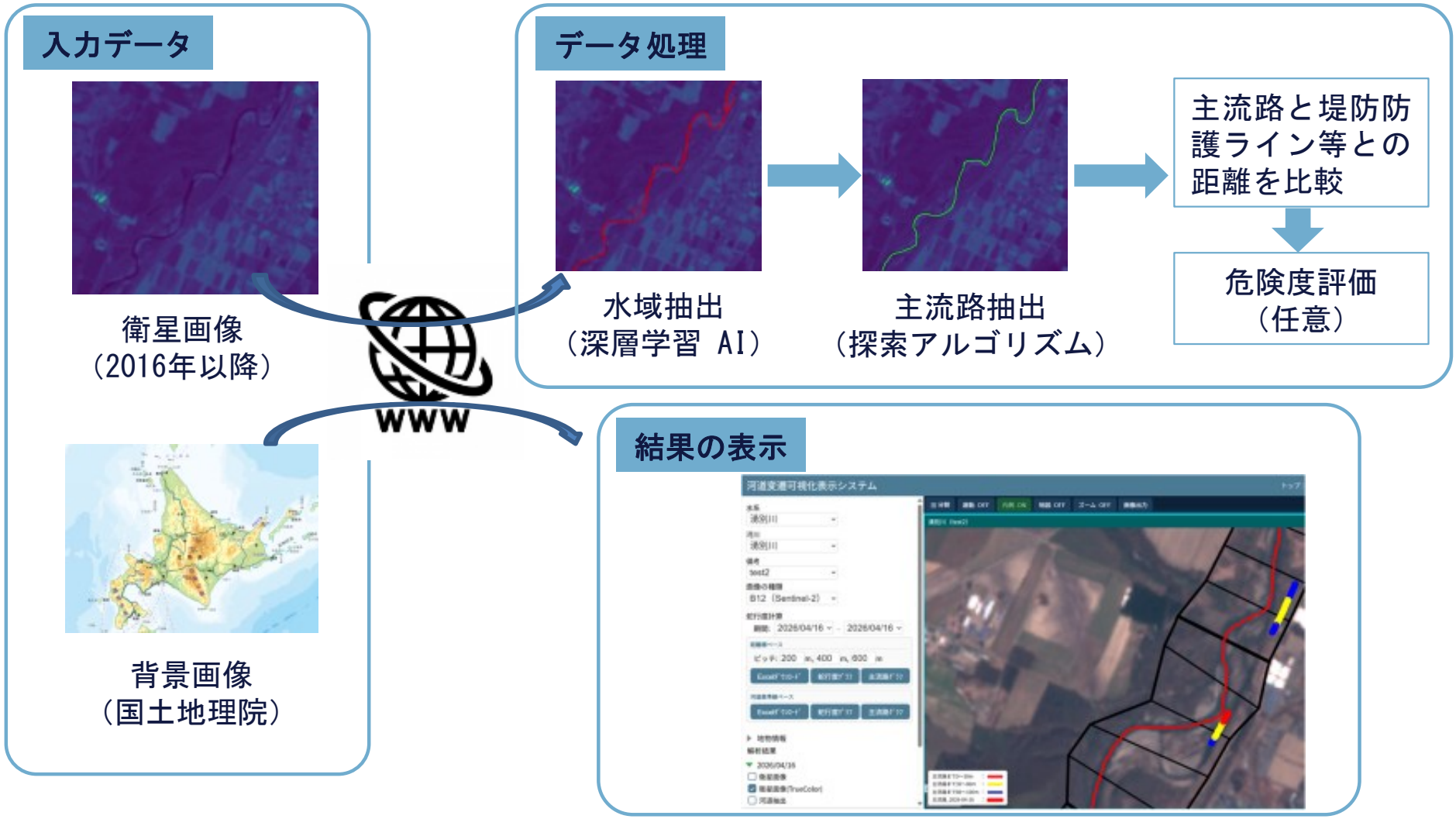


堤防防護ライン等から主流路までの距離に応じて侵食の危険性を色別に表示

- ✓ 堤防から主流路までの距離の算定
- ✓ 距離に応じた危険性の判別を可視化（可視化システムの開発）

急流河川における側方浸食　研究開発成果の活用

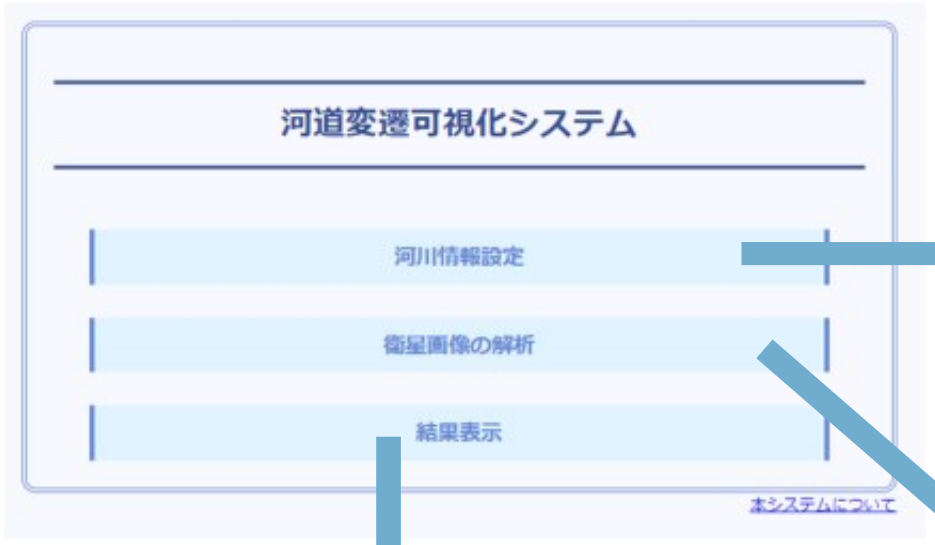
- データ収集、データ処理、結果の表示まで、ブラウザ上で一連の作業を可能とする「河道変遷可視化表示システム」を開発。



システムの概略

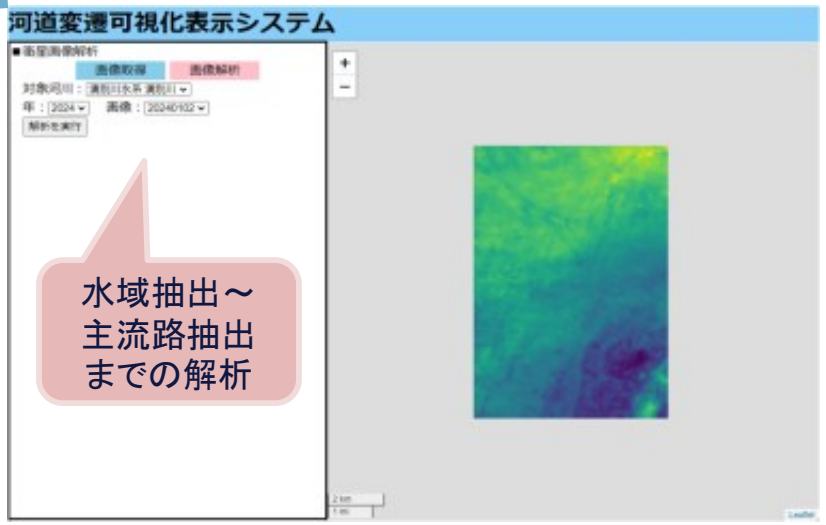
急流河川における側方浸食　研究開発成果の活用

- データ収集、データ処理、結果の表示まで、ブラウザ上で一連の作業を可能とする「河道変遷可視化表示システム」を開発。





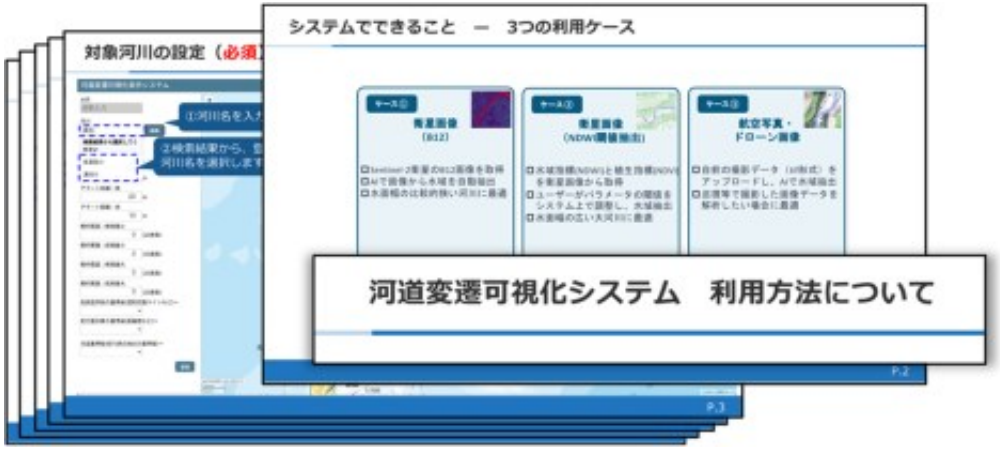




急流河川における側方浸食　研究開発成果の活用

■ システムの運用、現場での活用

利用マニュアル



システムをWEBで公開

クラウドサーバー（AWS）上に公開済

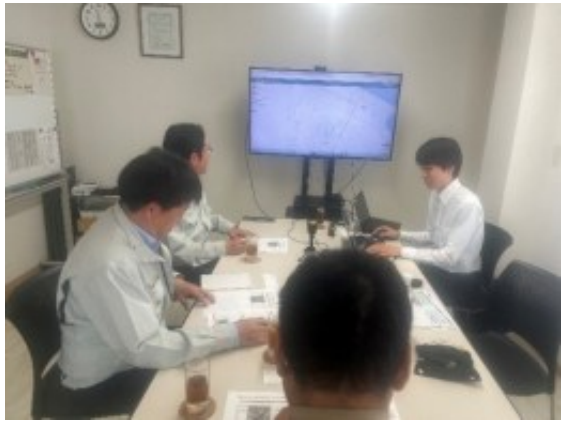
各自PCへのインストールも可能

システムの実装マニュアルを整備

講習会・現場活用

河川管理者、年点検業者に対して講習会を実施

湧別川、十勝川の河道点検において活用の試み



大規模洪水後だけでなく、
河岸侵食は中小洪水（長雨や出水後期など）で進むケースがあり、日常管理への活用も想定

急流河川における側方浸食　まとめ

- 出水の度に変化する急流河川において、効率的に流路の変化および侵食の危険性を把握・可視化する手法を提案した。
- 今後は「河道変遷可視化表示システム」の現場での試行を踏まえた改良等を目指していく。



技術・機能面

- 衛星により侵食危険箇所を特定
- 継続的な河道監視
- 過去データとの比較による経年変化の把握

河道管理の効率化

- 高頻度モニタリングによる早期異常検知
- 人的リソース不足を補完

効果と貢献

- 予防保全型の河川管理を支援
- 災害リスク軽減への貢献

堤防決壊時における緊急対策　背景と目的

堤防決壊時における緊急対策の課題

- 使用できる資材や工法に制約がある
- 発生頻度が少なく知見が十分蓄積されていない
- 現場条件が千差万別
- 堤防決壊拡幅現象が不明である

→河道特性に応じた効率的な緊急対策はどれか

北海道内における堤防決壊時の緊急対応工事の一例



写真 1.3　不整地運搬車による土砂投入



写真 1.9　バックホウによる大型土のう設置



写真 1.10　ボートによる深掘れ部の調査



写真 1.12　大型土のうのバケツリレー



写真 1.13　大型土のうの投入状況



写真 1.14　大型土のうによる締切が概ね完了した状況

堤防決壊時に行う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料（案）より

堤防決壊時における緊急対策　事例収集及び実証施工

- 近年の堤防決壊時の締切工事等の事例収集を通じて、効率的に締切作業を行うことが期待出来る重機・資材を参考に検討。
- また、実物大規模の十勝川千代田実験水路を活用し、氾濫流が存在する破堤開口部箇所への資材投入実験を複数工法で行った。



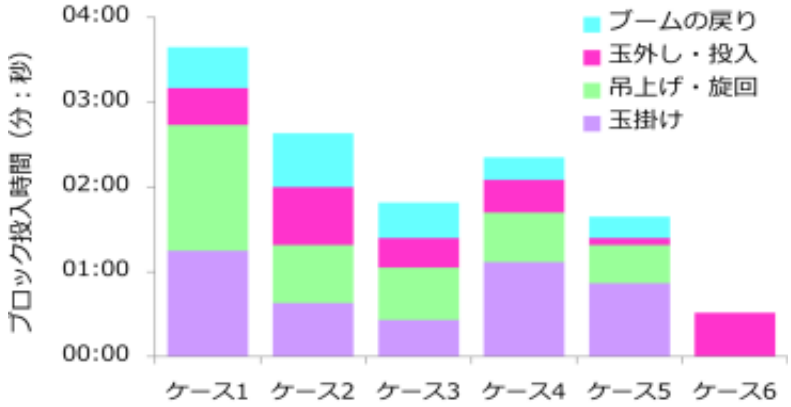
（早期着手むけて）
・普及台数が多いこと
・土工や吊作業など用途が多いこと
・特に被災直後の足場が悪い中でも作業が出来ること
などからクレーンよりもバックホウを用いることが初動では有効。
（破堤開口部への資材投入にあたって）
・一般的な玉外しよりもオートフックや異形ブロック投入安全装置、グラップルを活用することで効率だけでなく安全性も向上。

堤防決壊時における緊急対策　資機材の検討

重機を用いて、決壊部を想定した水中へのブロック投入実験を行い、投入に要する時間や重機の特徴を整理。

- クレーン(約3分/個):重量のある資材を遠方まで吊作業が可能だが、足場造成などの準備作業が必要となり作業着手までに時間を要する
- バックホウ(約2分/個):調達しやすく不整地でも作業が可能なため早期着手が可能だが、吊上重量や作業半径に制限あり
- 不整地運搬車(約0.5分/個):運搬と投入を同一機械で行えるため作業効率は高いが、決壊口付近まで接近する必要があり、迅速な調達が困難な場合がある





ケース1:クレーンに異形ブロック投入安全装置を取り付け、水路内へブロックを投入

ケース2:クレーンにオートフックを取り付け、水路内へブロックを投入

ケース3:バックホウの玉外しにより法先にブロックを降ろし、バケットで水路内へ押し落とす

ケース4:バックホウにオートフックを取り付け法先にブロックを降ろし、バケットで水路内へ押し落とす

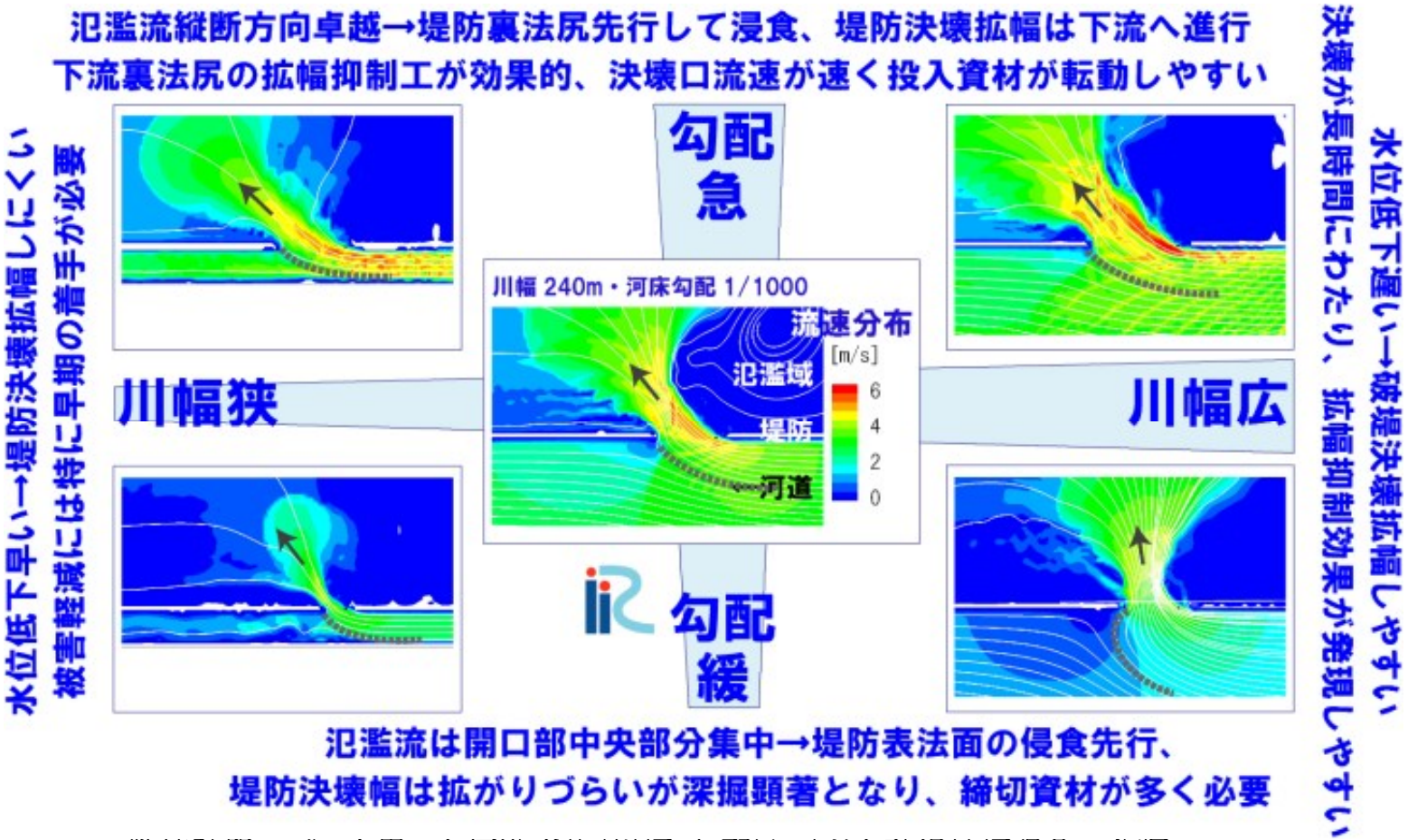
ケース5:バックホウにオートフックを取り付け、水路内へブロックを直接投入

ケース6:不整地運搬車がダンプアップを行い、ブロックを水路内へ直接放出

堤防決壊時に行う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料（案）より

堤防決壊時における緊急対策　体系的とりまとめ

- 越水破堤実験結果より提案された破堤拡幅計算モデルを用いて河道条件に応じた破堤拡幅現象を分類した。
- さらに破堤現象に応じた効率的な締切作業手順について体系的に取りまとめた。



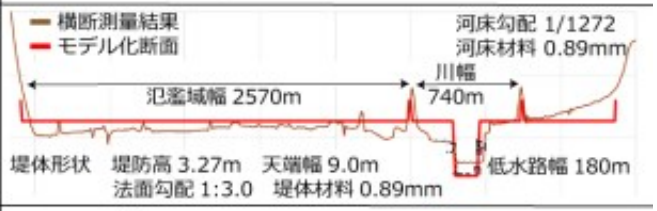
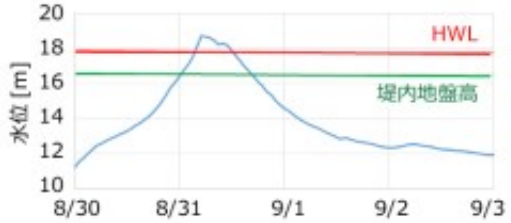
数値計算モデルを用いた河道形状（川幅−勾配）に応じた破堤拡幅現象の分類

効率的な締切作業手順（一例）

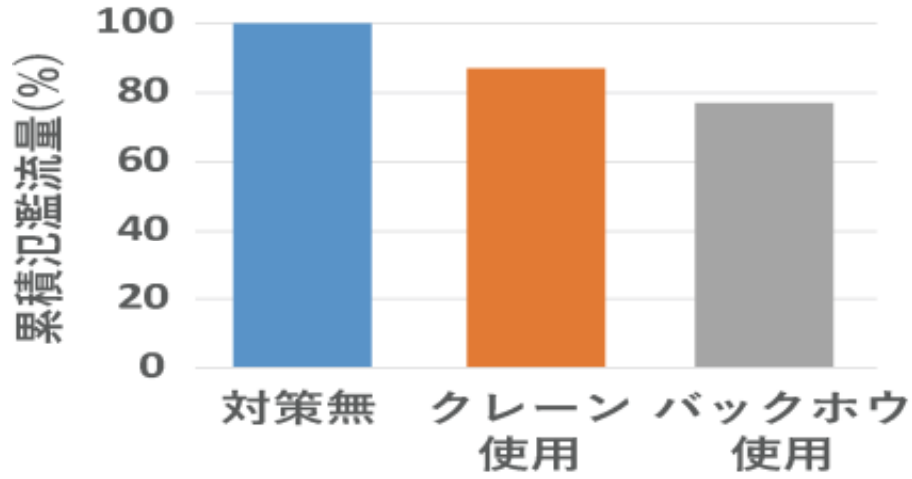
・河床勾配に応じて締切手順を変えると効率化につながる。
・緩勾配では開口部中央の流速が速いため、開口部上下流から漸縮工を行うことが効果的。

堤防決壊時における緊急対策　ケーススタディ

【５.実河川の堤防決壊を想定したケーススタディ】

河川名	十勝川水系十勝川
決壊位置	中流部左岸
決壊規模 破堤進行時間	Nays2D Breach による計算
決壊要因	越水（H.W.L 到達時点）
河道特性 堤体特性	
想定ハイドロ	

概要	決壊確認後、ブロックによる欠口止工を実施	
資材	根固ブロック 2t 型	
投入重機	クレーン	バックホウ
施工速度	3 分 / 個	2 分 / 個
着手までに要する時間	決壊から 4 時間後 決壊確認 - 連絡 1 時間 資材準備運搬 1 時間 仮置ヤード整備 1 時間 資材投入足場準備 1 時間	決壊から 3 時間後 決壊確認 - 連絡 1 時間 資材準備運搬 1 時間 仮置ヤード整備 1 時間



欠口止工まで実施した場合の効果

本シミュレーションは様々な仮定条件のもとで実施したものであり、実際の堤防決壊現場にそのまま適用できるものではない点に留意が必要である。また、本ケーススタディでは欠口止工の比較までを対象としている。

堤防決壊時に行う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料（案）より

堤防決壊時における緊急対策 とりまとめ成果

十勝川千代田実験水路を活用した越水破堤実験で得られた成果



■十勝川千代田実験水路の概要

十勝川千代田実験水路は新水路を一部を利用し、その水路に疑似洪水を発生させて、実河川スケールでの様々な実験・研究
延長1300m、幅30m、水路勾配1/500で世界最大級の実験水路施設です。精度の高いデータは、今後の河川管理に関す　　解消に役立
てます。

▶帯広開発建設部　千代田実験水路

■堤防決壊時に行う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料（案）　（平成30年3月）

河川整備が進んでいる現在においても、全国で堤防決壊による浸水被害が発生しています。
このような中、堤防決壊時の迅速な対策技術の向上を進めることが被害軽減につながると考えられます。
本検討資料は、十勝川千代田実験水路も活用しながら、対策技術の検討を行った成果を、国土交通省北海道開発局と国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所が共同で取りまとめたものです。

▶堤防決壊時に伴う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料（案）
▶重点普及技術の紹介
▶平成30年度全建賞を受賞

■破堤計算ソフト（Nays2D Breach）（平成27年6月）

破堤計算ソフトNays2DBreachは、北海学園大学の清水康行特任教授らが開発した2次元河床変動計算ソフトウェアNays2Dに破堤モデルを組み込み、寒地土木研究所寒地河川チームと北海学園大学清水特任教授とが共同開発したソフトです。
平面2次元での洪水流れ、破堤拡幅現象、氾濫流量算出などの計算が可能となっています。

▶破堤計算ソフト（Nays2DBreach）
▶破堤計算ソフトの概要

■河川堤防の越水破堤現象のうち破堤拡幅機構に関する実験報告書　（平成24年10月）

本報告書は、平成20年から平成23年にかけて千代田実験水路で破堤実験を行い、河川堤防の越水破堤現象のうち、特に破堤拡幅機構に関する検討の成果を、国土交通省北海道開発局と寒地土木研究所が共同で取りまとめたものです。

▶河川堤防の越水破堤現象のうち破堤拡幅機構に関する実験報告書
▶河川堤防の越水破堤実験の概要
▶越水破堤実験の動画（本実験case1）

千代田実験水路の概要

本日ご紹介した資料
「堤防決壊時に行う緊急対策工事の効率化に向けた検討資料（案）」

破堤計算ソフト（Nays2D Breach）

河川堤防の越水破堤現象のうち
破堤拡幅現象に関する実験報告書

実物大規模の越水破堤実験動画

本日紹介した検討資料等は、寒地土木研究所寒地河川チームのHPで公開しています

越水破堤実験動画

AIを活用した浸水予測 背景

災害リスク情報の多層的な展開による被害の最小化

○ 時々刻々変化しながら迫り来る危機から「人命」を守り「社会経済被害の最小化」を図るため、事前の防災体制をあらゆる関係者により多層的に展開するための新たな取組を推進。

【国・都道府県(河川管理者等)としての取組】

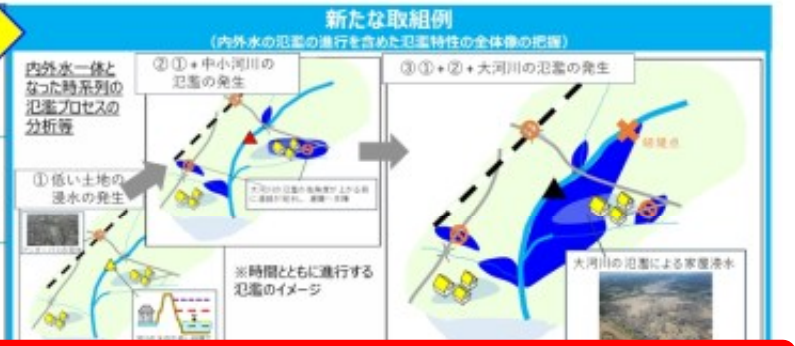
国・都道府県(河川管理者等)	1 リスク情報の充実	✓ 水害リスク情報の充実 ✓ 内外水統合型の水害リスクマップの整備 ✓ 土砂災害警戒区域等の高精度化
	2 トリガー情報の充実	✓ 洪水予測の高度化と長時間化 ✓ 波のうちあげ高を踏まえた高潮予測 ✓ 内水も含めた浸水把握、予測技術の開発 ✓ 小規模河川、準用河川、普通河川の水位観測等の整備
	3 情報提供手段の充実	✓ 流域タイムラインの運用・見直し ✓ 洪水予警報ツールの改良 ✓ カーナビや地図アプリ（Googleマップ等）と連携し、位置情報に基づいた旅行者・移動者への伝達 ✓ 各種災害情報の発表の自動化

【地域・コミュニティ・企業としての取組】

地域・コミュニティ・企業	1 民間事業者によるきめの細かい洪水予報の促進	✓ オープンデータ化による民間事業者の洪水予報業務の効率化（参入拡大） ✓ 最新の洪水予測技術に係る情報プラットフォームの作成などによる予測高度化のための支援
	2 まちづくり・住まい方の工夫	✓ 水災害リスクコミュニケーションポータルサイト ✓ 水害リスクマップの活用 ✓ PLATEAU、不動産ID等との連携
	3 要配慮者の逃げ遅れゼロ	✓ 要配慮者利用施設等における避難確保計画・訓練等の支援
	4 企業における水害リスクの把握や洪水対策の促進	✓ 災害が発生した際のBCPマニュアルの準備 ✓ ハザードマップ等を活用した自社不動産の自然災害リスクの把握

【個人での取組】

個人	1 水害リスク情報の理解を促す学びの機会の創出	✓ 出前講座、各種講習会、学校教育との連携等の体験して学ぶ機会の創出
	2 自分にとって必要な水害リスク情報の抽出	✓ 現在地を入力するだけで、その場所に必要な様々な水害リスク情報が抽出でき、的確な避難行動につなげることができるアプリを開発。 ✓ 防災行動計画（マイ・タイムライン）の作成機能も装備。
	3 自分の生活にあった避難で逃げ遅れゼロ	✓ 地先レベルの水害リスクの危険度やとるべき避難行動の理解
	4 避難行動を後押しする取組の充実	✓ デジタルマイ・タイムラインによる通知







浸水頻度に応じた危険性を可視化し、住民の適切な避難行動を促すとともに、防災・減災対策や被害軽減に活用

国土交通省水管理・国土保全局関係予算決定概要（令和7年度）より
https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/yosan/gaiyou/yosan/r07/yosangaiyou_r701.pdf

AIを活用した浸水予測　課題と手法

- 従来の浸水予測計算は時間を要し、多様なシナリオやリアルタイム予測に課題。
- AI技術を活用した高速・高精度な浸水予測モデルの開発へ。

氾濫域における浸水予測手法の比較

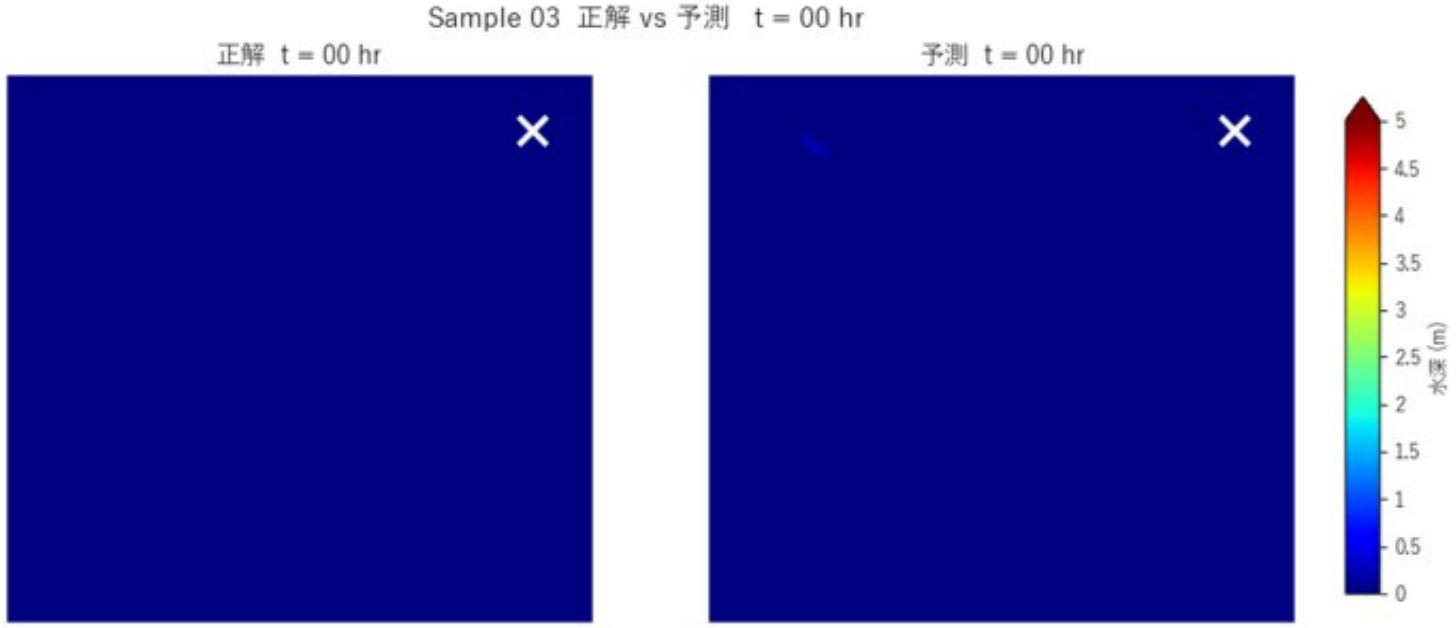
手段	主な用途	必要データ	メリット	デメリット・課題	計算時間（5×5m）
数値計算モデル(物理シミュレーション)	ハザードマップ・インフラ設計・避難計画・気候変動影響評価・被害額推定	地形・降雨（流量）条件など	• 物理根拠が明確 • 未経験の豪雨も再現可能	• 計算負荷が極めて高い • リアルタイム性に欠ける	数時間～数十時間/ ケース
リアルタイム予測(データ同化/統計)	避難指示・水防活動	水位計・浸水センサー・レーダー雨量など	• 現況把握・短期予測が可能	• センサー整備が必要 • 観測空白域で精度低下 • 短時間先（数時間）に限定	数分～数十分/ケース（逐次更新）
アンサンブル予測	確率的なリスク評価	降雨シナリオ群・破堤条件・　流量ハイドロの揺らぎなど	• 予測の「空振り・見逃し」の幅を把握できる	• 計算回数が膨大 • モデルによって時間がかかる	数値計算×数十～百倍/セット
物理AI・代理モデル(開発中)	数値計算の高速化（代理モデル）・アンサンブル予測の高速化	学習データ：数値計算結果など（大量）	• 計算の大幅な高速化（AI特有） • 学習データのない地点でも推論可能（物理AI特有） • 様々な破堤点・流量条件を網羅的に検討可能、アンサンブル・リアルタイム予測への応用も可能	• 精度は学習データにやや依存、汎化性は未検証 • 大量の高品質な学習データが必要 • ブラックボックス性（説明可能AI手法で対応進展中）	数分/ ケース(学習後)

*例えば、2×4kmの氾濫域、100ケースのアンサンブル予測→数値計算で4000時間（166日）　AIで8時間

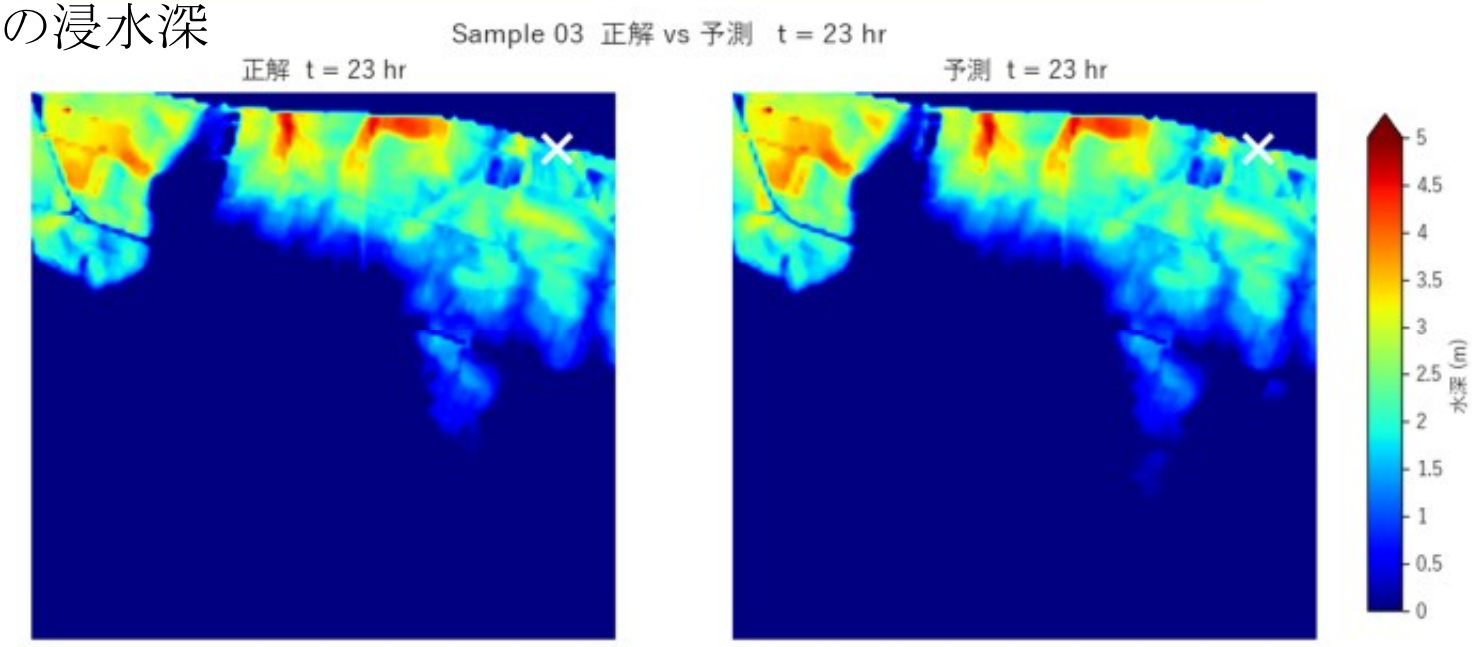
AIを活用した浸水予測　内容

AIによる浸水深推定高速化への取組

正解（数理モデル）と予測（開発中のAIモデル）の比較 (3.2×3.2km)



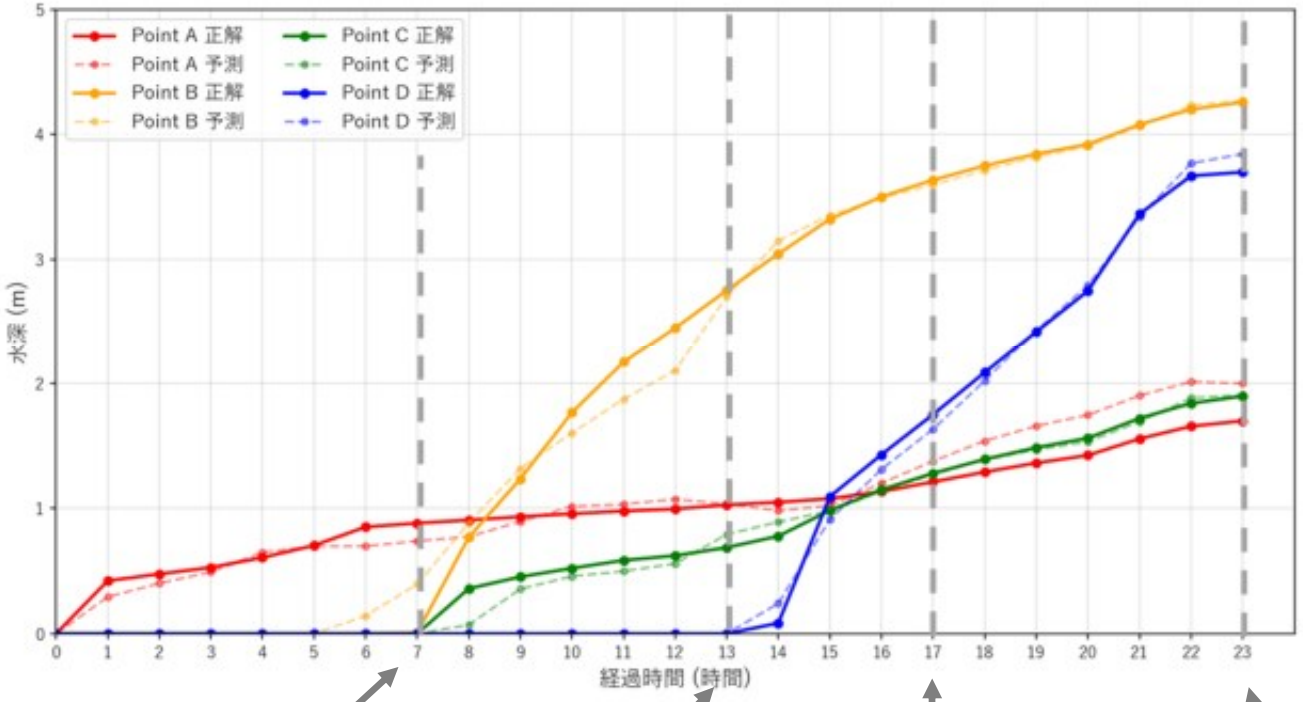
23時間後の浸水深

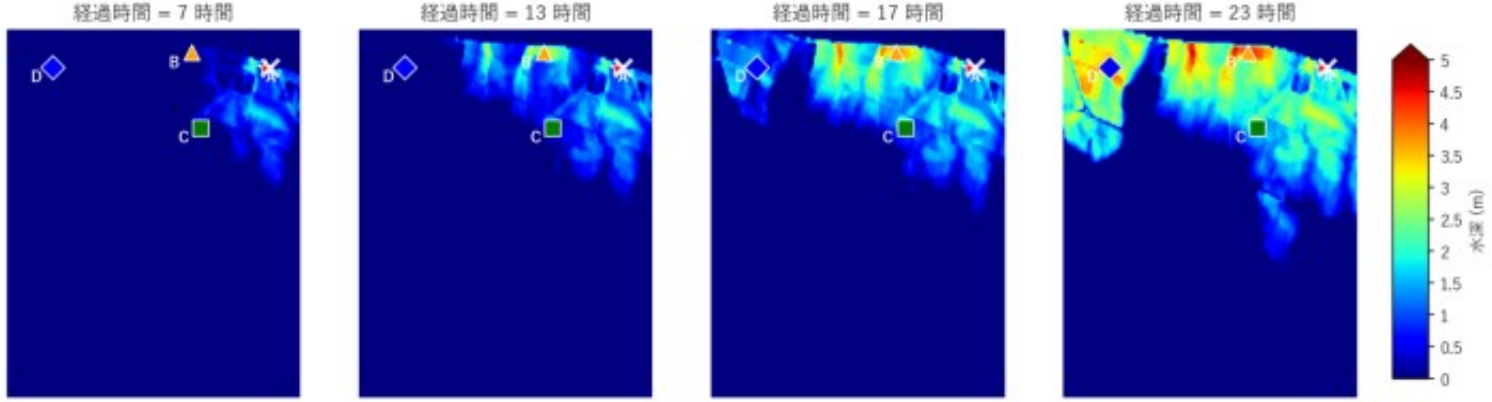


AIを活用した浸水予測　内容

AIによる浸水深推定高速化への取組

精度と課題





- 浸水拡大の傾向は全地点で正しく捉えられており、AIモデルの基本的な再現性を確認できた。
- 破堤点直近（Point A）においても再現性が高いうえ、急激な水深変化が生じるPoint B・Dに対してもAIは良好に追従できている。
- 一方、時間によっては誤差が生じており、その誤差は5～20cm程度である。
- 現状は1流域あたり約1,000ケースでの学習モデルであり、学習ケースの拡充とモデル改良による誤差低減が今後の課題である。