

浸水判読をどこまで速くできるか ～時間と精度の両立に向けて～

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室

！大規模な洪水災害では浸水規模の迅速な把握が求められている！

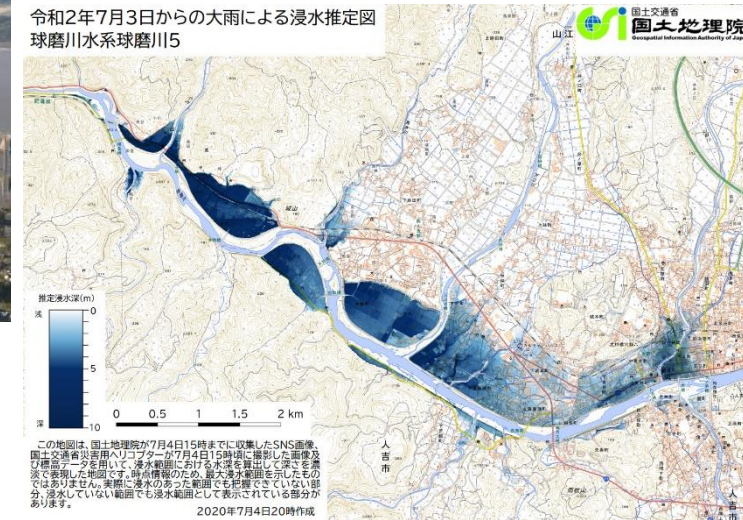
(平成27年関東・東北豪雨、鬼怒川；国土地理院撮影)



(令和元年東日本台風、吉田川；国土地理院撮影)



令和2年7月3日から大雨による浸水推定図
球磨川水系球磨川5



令和2年7月3日から大雨による
浸水推定図（国土地理院）



国土交通省ウェブサイトから

国土地理院は空中写真や防災ヘリの映像、
SNSの情報を元に高精度な数値標高モデル+GISを用いて推定（浸水推定図）

災害判読の作業 ➡ 判読時間と精度はトレードオフの関係にある



研究目的と発表の内容



研究目的：
浸水判読の時間と精度の
トレードオフの打破を目指す



近年の洪水を対象に、**新技術の導入**によって浸水判読がどの程度の精度でどこまで速くできるようになったかを紹介



新技術の概要

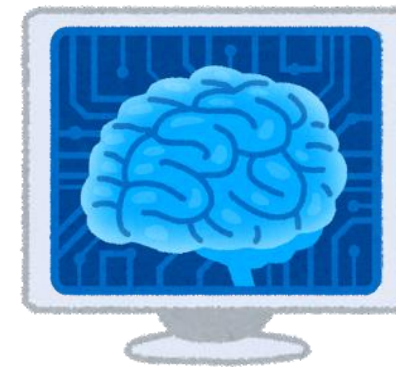
背景となる近年の技術



- 映像は国土地理院のサーバーで受信している
- 追加機能（下記）整備済（宮地・大野, 2015, 国土地理院時報127）
 - ◆ 撮影開始通知
 - ◆ ヘリ座標の航跡情報
 - ◆ 静止画作成
 - ◆ 静止画のカメラ情報作成

ヘリサットシステム

- ヘリコプターで撮影した映像を静止衛星経由で中継
- 国土交通省では災害時の緊急撮影を目的に2015年2月に初導入、現在は8機の防災ヘリにて運用中



AI

- ここ数年で急速に普及
- 教師データを用いた画像分類に関して、従来の手法より良い結果を出す事が分かっている

AIを用いた浸水状況自動検出システム

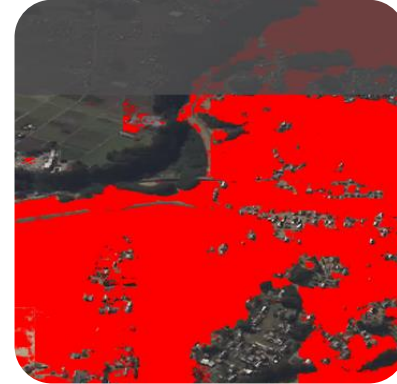
洪水発生・
防災ヘリ出動

- ①深層学習用
教師データの
作成
- ②浸水検出器の
構築

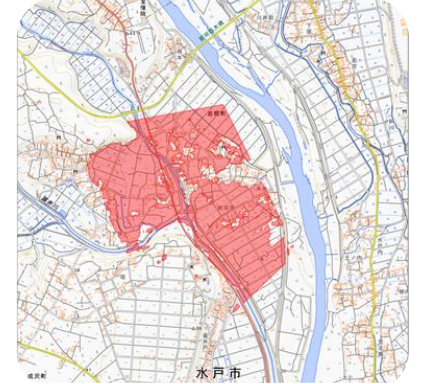
1) 事前準備



2) 防災ヘリの
画像※受信



3) AIの技術を使った
濁水域の自動判読



4) 浸水領域データの
自動作成

※ヘリサットシステムによって国
土地理院に配信されたもの。
初動時は斜め撮影。

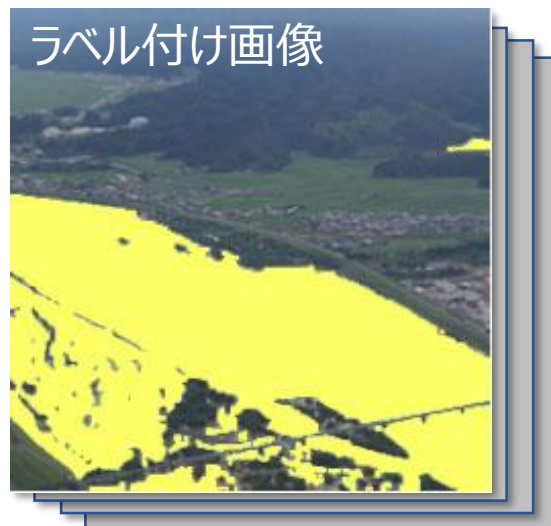
斜め撮影の画像に含まれる情報をすぐさま地図上に
落とすというチャレンジングな課題も含む



AIを用いた浸水状況自動検出システム

1) 事前準備

① 深層学習用教師データの作成



濁水部の災害画像の収集
(286×286画素、RGB)、
ラベル付け

2100枚の教師データを準備
(平成30年7月豪雨までの画像)

② 教師データの情報をうい、深層学習によって浸水検出器を構築 TensorflowのU-Net構造※（8層）を利用

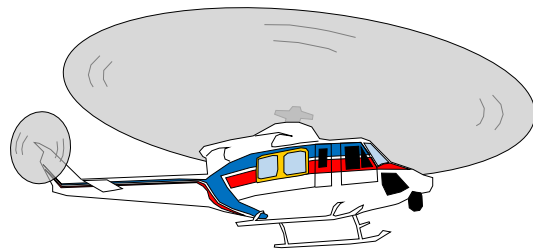
※conditional-GAN (Isola et al., 2016)のジェネレータ部分に使われている構造



AIを用いた浸水状況自動検出システム

2) 防災ヘリの画像受信

各地方整備局の防災ヘリ（ヘリサットシステム）による撮影



撮影中、リアルタイムで伝送されてくる
映像から1秒毎の静止画像を抽出

国土地理院のPC



CPU 24コア
GPU 48GB×8

伝送開始をトリガーに、自動的に処理を開始



AIを用いた浸水状況自動検出システム

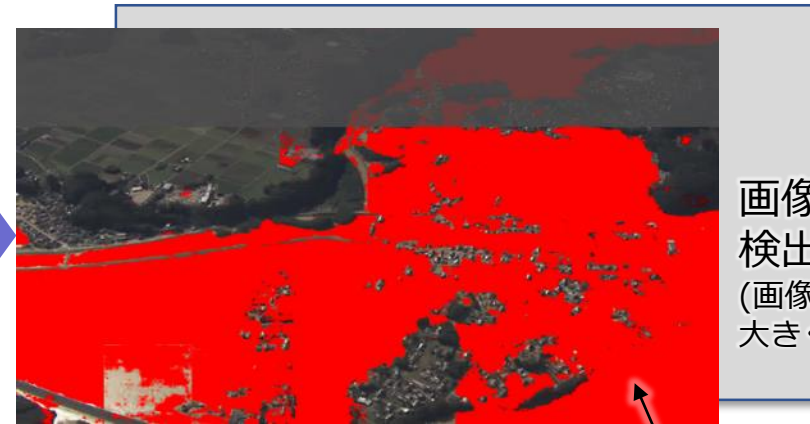
3) AIの技術を使った濁水域の自動判読

深層学習による浸水検出器を用いた画素単位の分類（濁水かそうでないか）

静止画像（1秒ごとの防災ヘリの
撮影画像）



6コマおきに
浸水部を
自動検出



画像の下側75%の
検出範囲を採用
(画像上側は位置ズレが
大きくなるため)

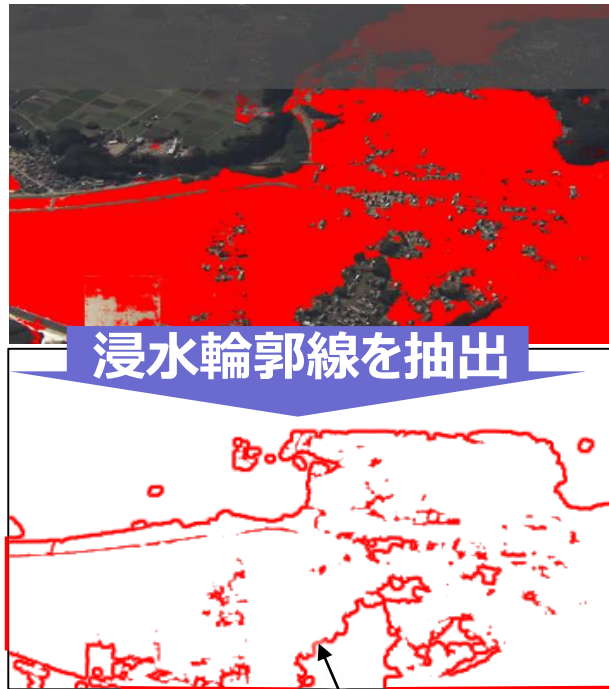
AIで濁水部分を赤色に着色する

撮影から約18秒で処理



AIを用いた浸水状況自動検出システム

4) 浸水領域データの自動作成



浸水輪郭線を抽出

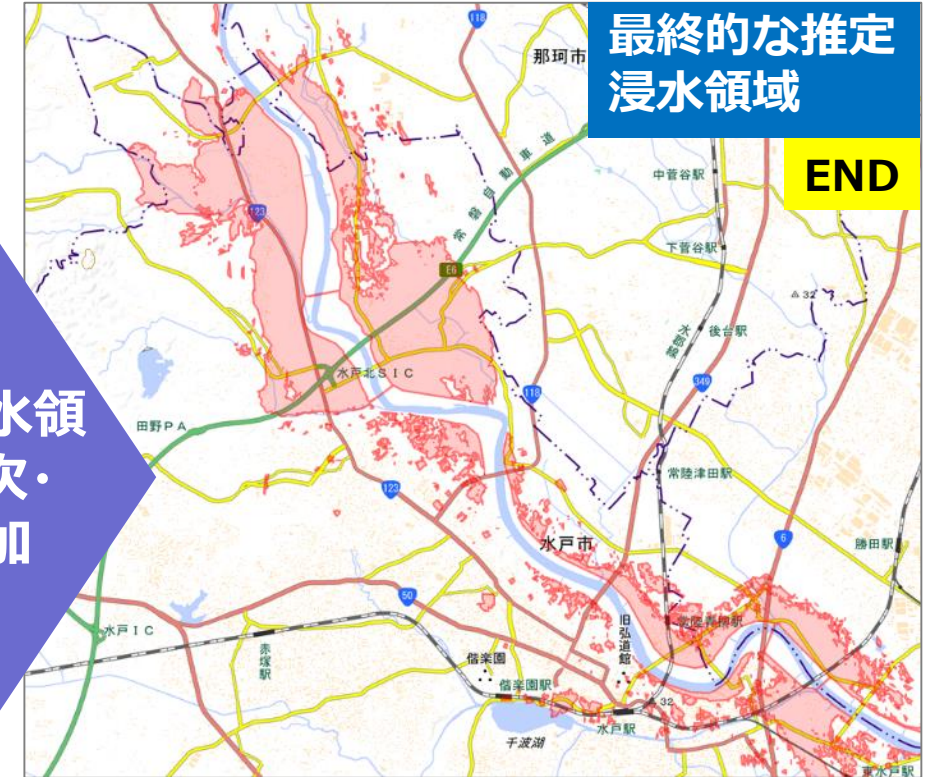
浸水輪郭線

1コマごとに撮影から
約30秒で地図データ化

地図投影



推定浸水領域
の逐次・
自動追加

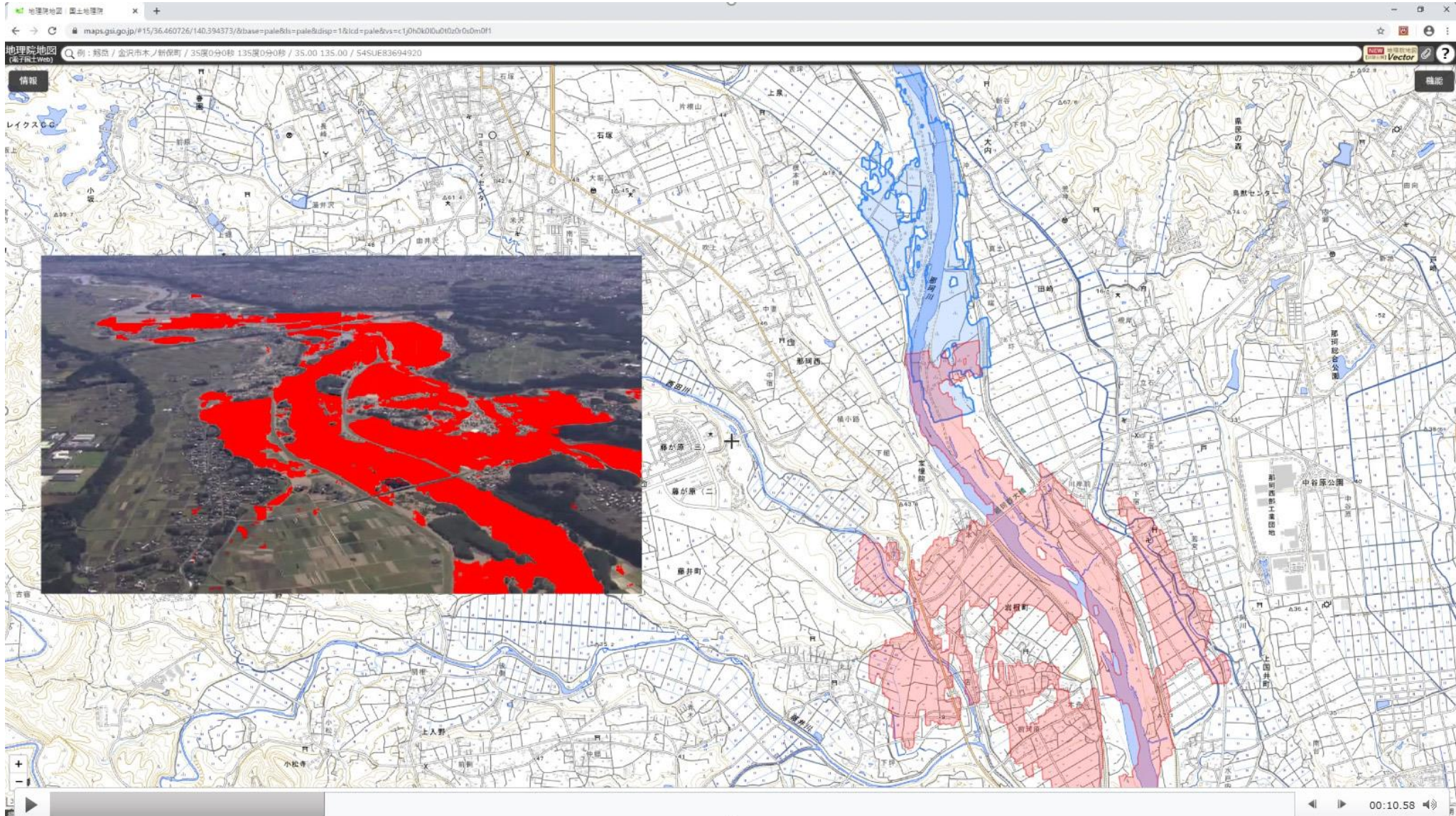


最終的な浸水領域ポリ
ゴンの完成は、**撮影
終了後2分程度**



システムの処理のイメージ

令和元年東日本台風による浸水状況の自動検出例 あおぞら号（関東地整）のフライトから抜粋
2019.10.13 那珂川（水戸市、那珂西大橋付近）（動画省略）

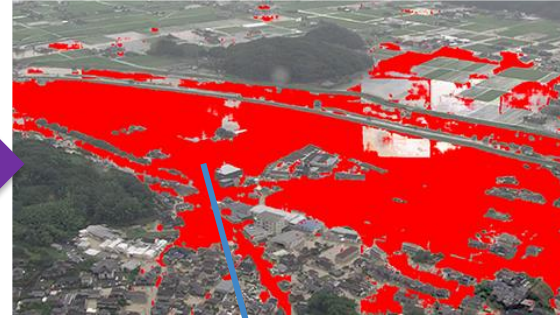


検出結果の定量評価指標(F値等)

検証用元画像

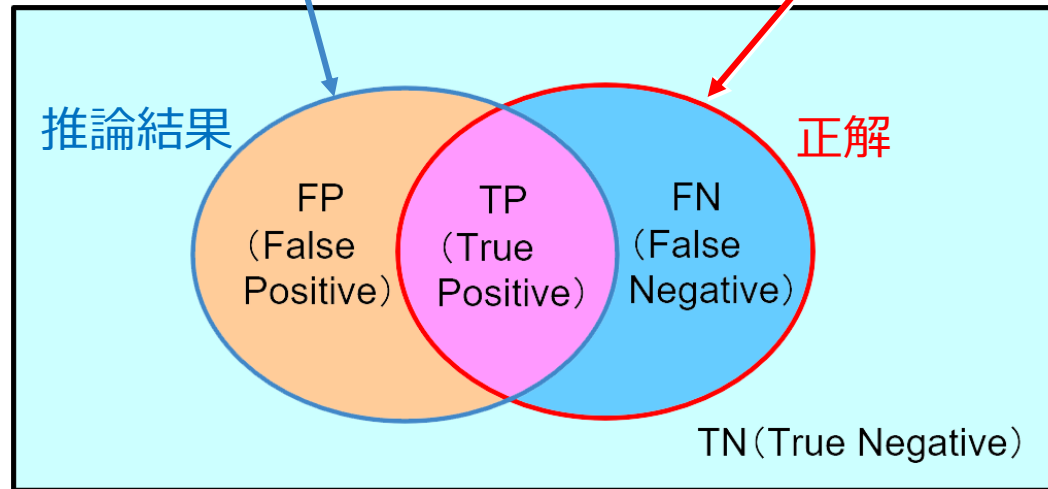
AIによる検出結果（推論結果）

検証データ（正解）



スコア
算出

サンプル画像
令和元年8月28日はるかぜ号(九州地整)撮影



		正解	
		浸水	非浸水
推論結果	浸水	TP	FP
	非浸水	FN	TN

※スコア算出方法

- ① 適合率 (Precision) = $TP / (TP + FP)$
- ② 再現率 (Recall) = $TP / (TP + FN)$

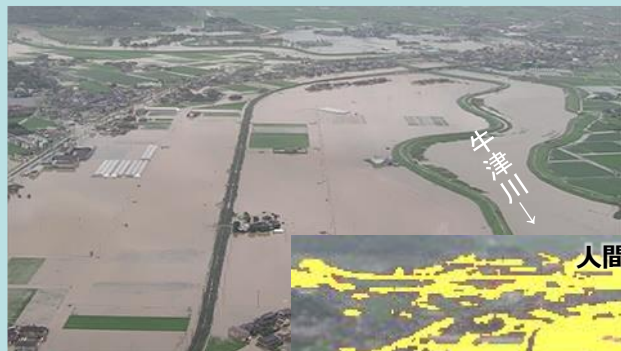
③ F値 (スコア) = $\frac{2 \times \text{Recall} \times \text{Precision}}{(\text{Recall} + \text{Precision})}$

投影変換前の浸水検出能力の定量的評価

熟練者の目視判読による浸水範囲画像

評価用データセット※

(R元年度に発生した浸水×476枚)を正解として

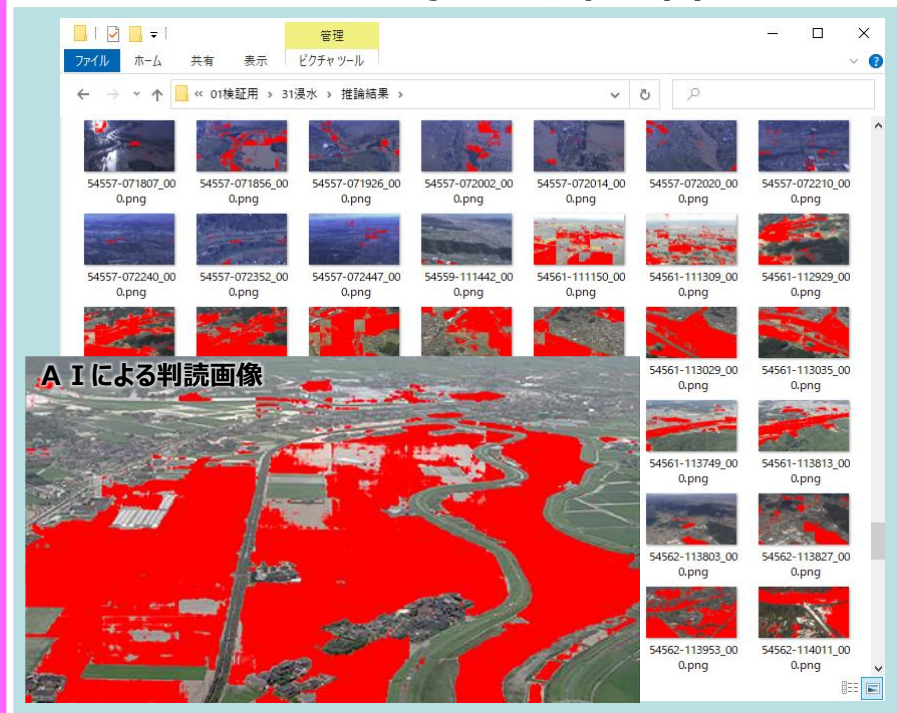


人間による判読画像(正解)

サンプル画像
令和元年8月28日
はるかぜ号(九州地整)撮影

※総合流域防災対策事業調査費により令和元年12月10日までに作成された全画像を検証用に使用。判読技術者による判読結果。令和元年5月から10月に撮影された19フライト分の画像が含まれる。1920×1080pixelの画像。

AIの自動検出による浸水範囲画像



AIによる判読画像

適合率(Precision)

0.94

再現率(Recall)

0.62

F値

0.74

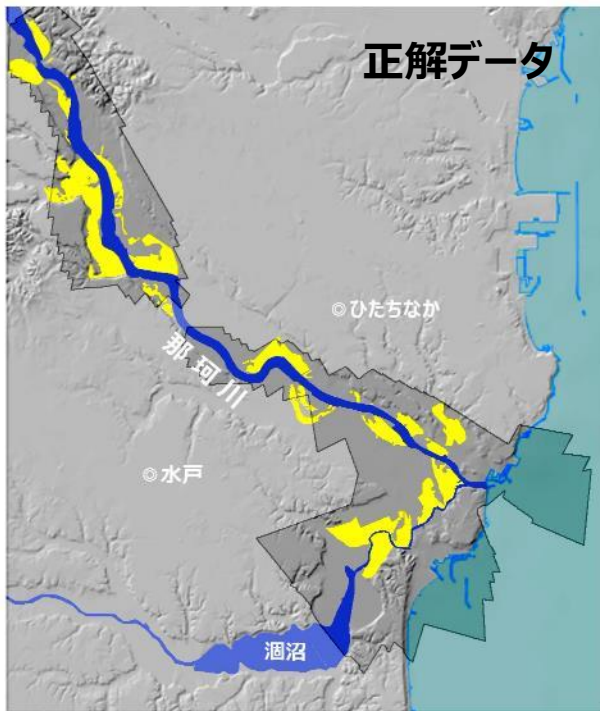
(評価値には実際には使用されない画像の上1/4の領域の評価値も含む)



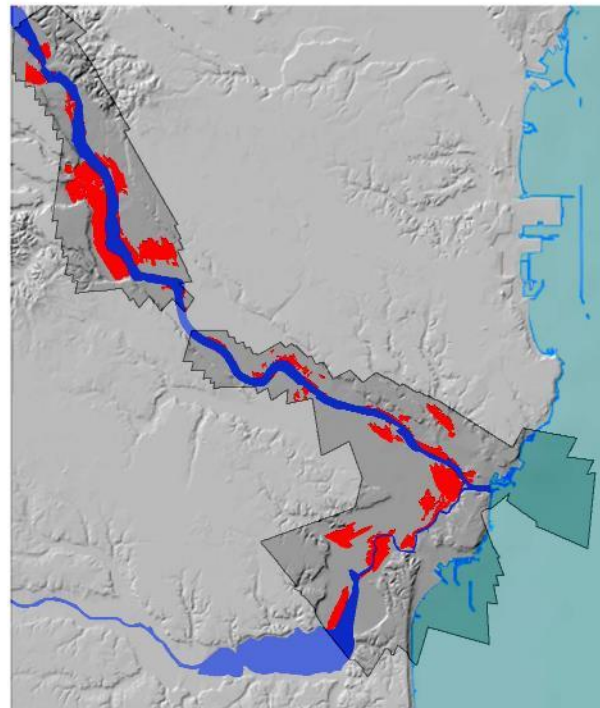
投影変換後の正射データの定量的評価

(動画範囲
(2019.10.13
那珂川))

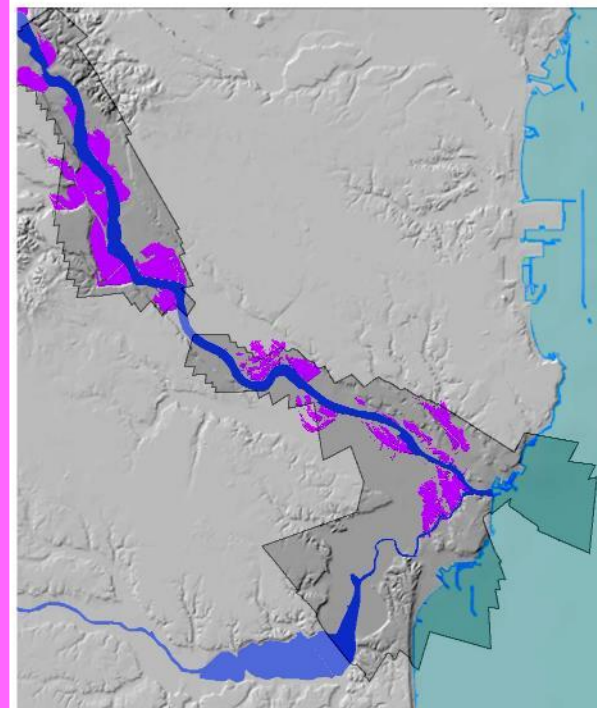
熟練者の目視判読による浸水範囲



AIの自動判読による浸水範囲



浸水推定図(国土地理院)の浸水範囲



※手入力した水際点を用いて5mDEMから読み取った
水面標高による範囲 (手法は吉田(2019))

防災ヘリ映像から時間をかけて判読した結果



ヘリサットデータ処理範囲

堤外地

0 2.5 5 10 km

【AIの自動判読】

適合率(Precision)

0.68

再現率(Recall)

0.51

F値

0.58

※堤外地の濁水は除いた値

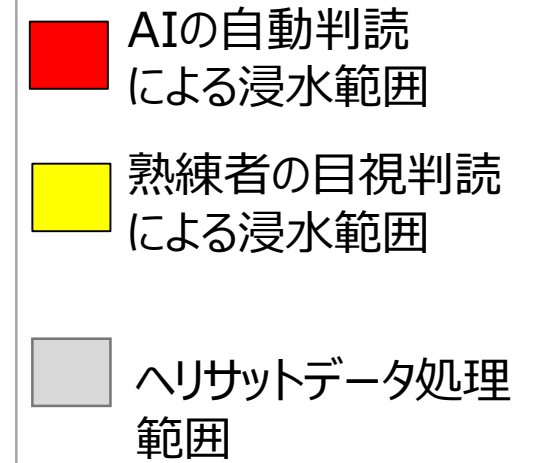
参考：浸水推定図 適合率=0.74、再現率=0.66、F値=0.70 (現在のAIは対浸水推定図比83%の抽出精度)



改善を要する部分は？

画像の上1/4に映った浸水が
抽出されていない

抽出漏れ。
教師データの不足
又はコマ飛び



抽出漏れ。
教師データの不足
又はコマ飛び

カメラパラメータが持つ
誤差による位置ずれ

他のフライトの処理結果も用いた抽出性能評価から



◆AIによる画像解析を導入したことにより、濁水の概略存在範囲のリアルタイム検出（撮影から30秒）を実現

※各画像レベルで7割以上、浸水推定図との比較で8割以上の精度

◆撮影から数分で（かつ完全自動で）得られる情報として災害発生の中動期に必要な一定のラインはクリアしている

- ◆ 誤抽出は少ないが、グラウンドやメガソーラーの誤抽出が一定量見られる。
また、教師データ（昼間の茶色く濁った水）と色合いが異なる浸水領域の抽出は弱い。
→学習用データの追加が必要
- ◆ 地図に投影する工程の問題、つまり浸水領域データの位置ずれがまだ大きい（下記）



- ・ヘリの位置情報の誤差
浸水領域の位置ずれ
- ・電波状態不良
映像のフリーズによる大幅な位置ずれ
- ・カメラの急な動き
カメラ角度情報とのタイムラグによる大幅な位置ずれ

解決に向け引き続き取り組み中

ご清聴ありがとうございました