

局地的豪雨に対応 可能な小河川の 水位監視システム に関する研究

明石工業高等専門学校
鍋島 康之



発表内容

研究背景

令和2年7月豪雨による土砂災害

明石川の河川水位と河川カメラ画像

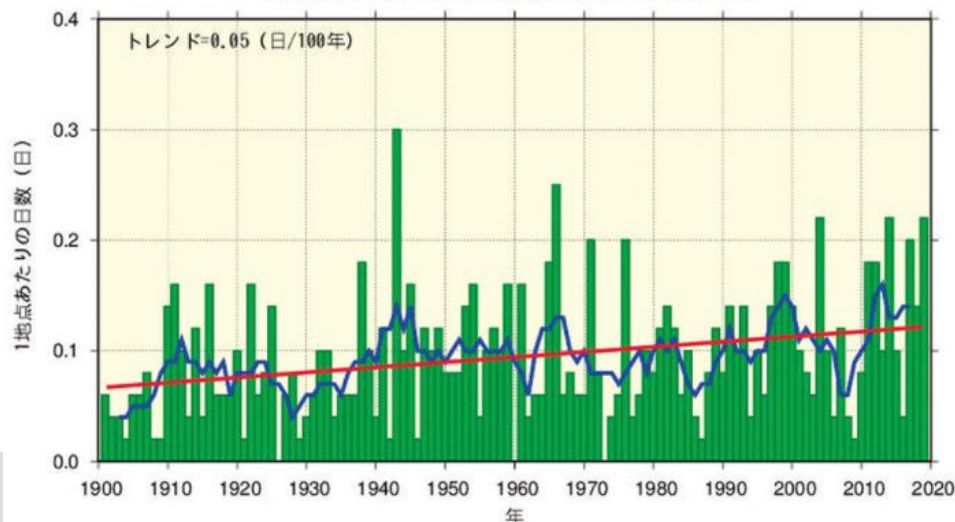
明石川下流部の三次元モデル

機械学習を用いた河川画像による水位判定

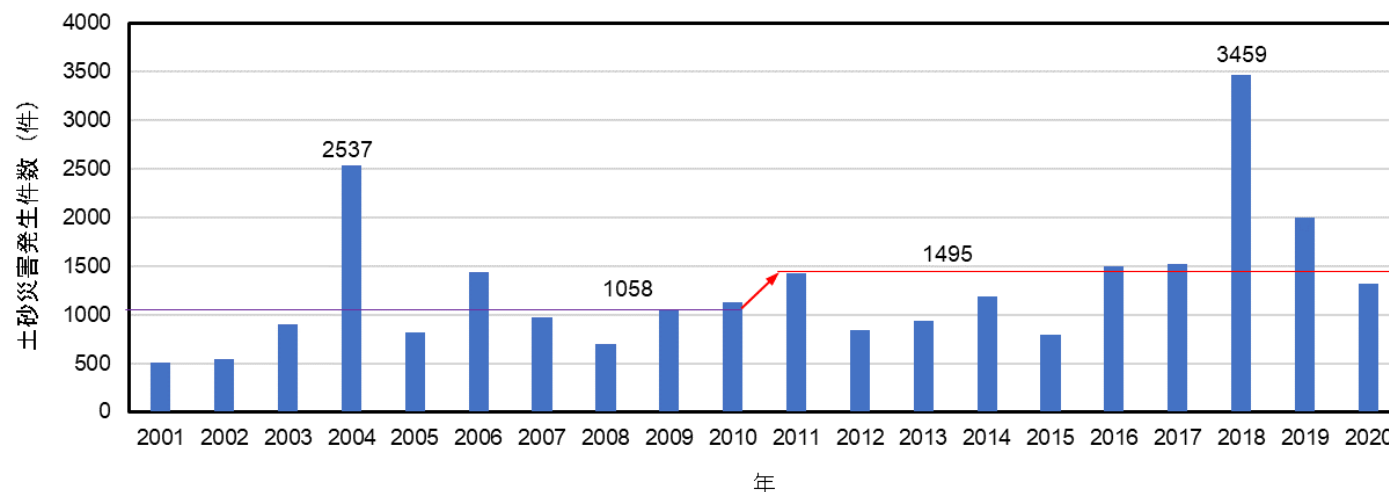
まとめ

研究背景

[51地点平均] 日降水量200ミリ以上の年間日数



国土交通省が発表している平成13(2001)年から令和2(2020)年までの土砂災害発生件数



日降水量200mm以上の年間日数の変化

(気象庁：特集 激甚化する豪雨災害から命とくらしを守るために)

2001年から2020年までの土砂災害発生件数の変遷

豪雨（日降水量200mm以上）の増加により、明らかに土砂災害の発生件数は増加する傾向にある。

広域集中豪雨による中山間部における自然災害に対する防災システム(構想)

中山間部の局所気候

2019年 東日本豪雨
2018年 西日本豪雨
2017年 九州北部豪雨
2011年 紀伊半島豪雨

中山間部において時々刻々と変化する自然災害に対する危険性を直接住民に伝達するシステムが必要

土砂災害

土砂災害
の予測

土壌水分計

気象観測

気象観測

避難誘導

河川氾濫

河川水位監視

気象観測

流域が対象

氾濫地域の予測

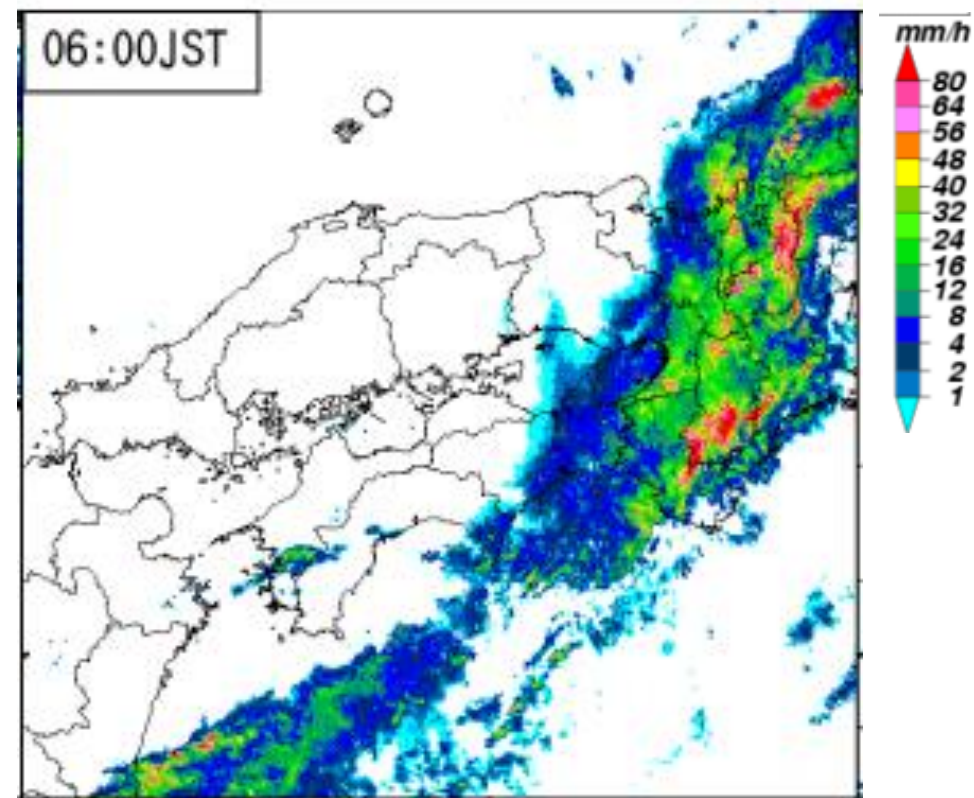
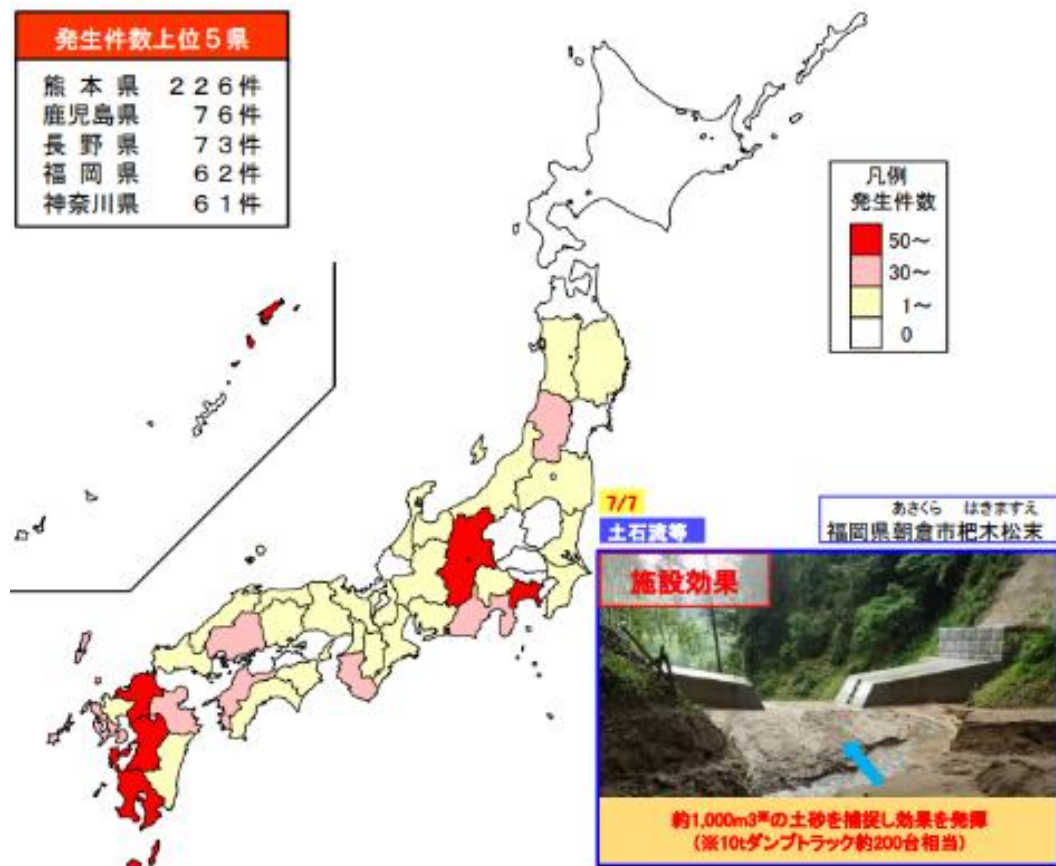
広域集中豪雨の際には、中山間部において局地的に豪雨が集中する特殊な気象状況が形成される場合があり、近年の豪雨災害ではその傾向が強くなってきている。

必要な要素技術

- ・ 気象シミュレーション
- ・ 気象観測システム
- ・ 河川水位監視システム
- ・ 多地点土壌水分計測
- ・ 氾濫シミュレーション
- ・ 斜面崩壊予測
- ・ 避難誘導システム
- ・ etc

令和2年7月豪雨による土砂災害

令和2年7月豪雨



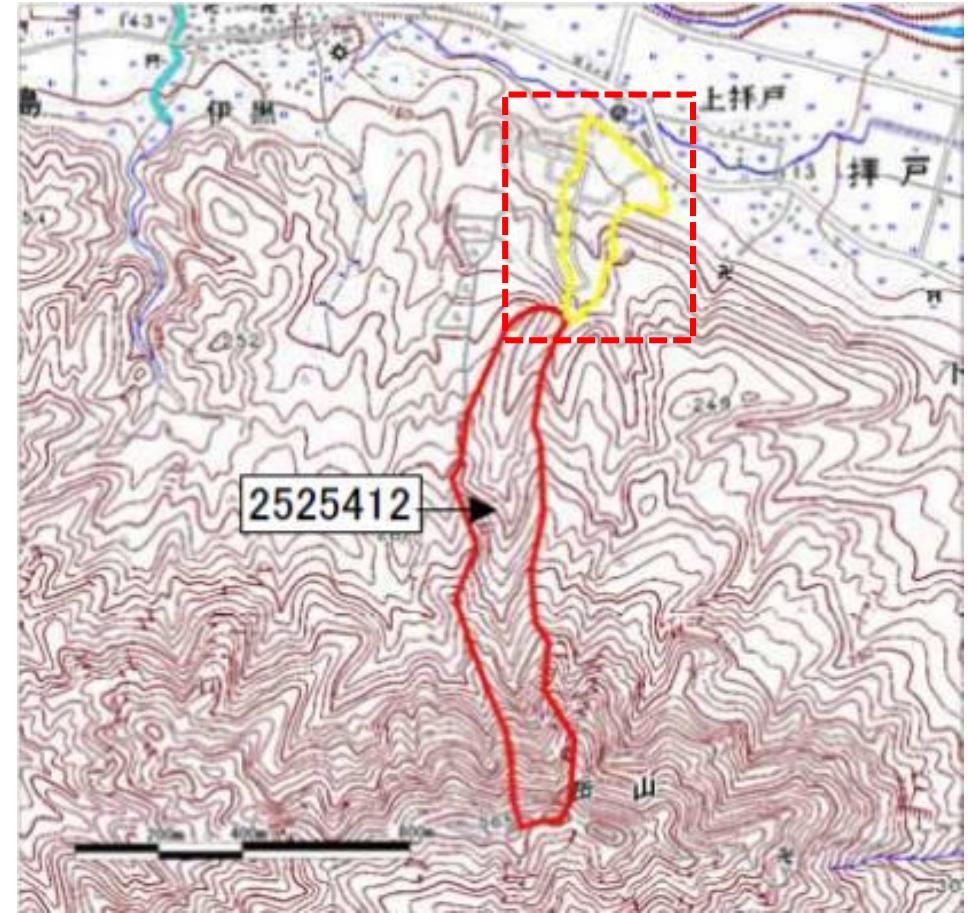
令和2年7月8日6時のレーダー画像

国土交通省：令和2年7月豪雨による土砂災害発生状況

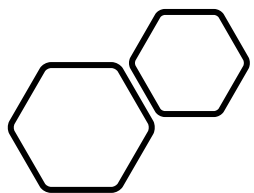
滋賀県高島市拝戸（はいど）



滋賀県高島市拝戸の被災状況
（(株)前河建設 提供）



拝戸地区の土砂災害警戒区域
（滋賀県ホームページから）



土石流 災害現場の状況

- 地図上の河川とは別の方向から土石流が発生した。
- 周辺の調査から過去にも土石流が度々発生し、多くの土砂が堆積している状況が確認された。



明石川の河川水位と 河川カメラ画像

加古川水系に設置されている河川カメラ



明石川流域防災カメラ



明石市立大観小学校校舎屋上に設置したカメラ



明石大橋および明石川

明石川流域防災カメラ 画像

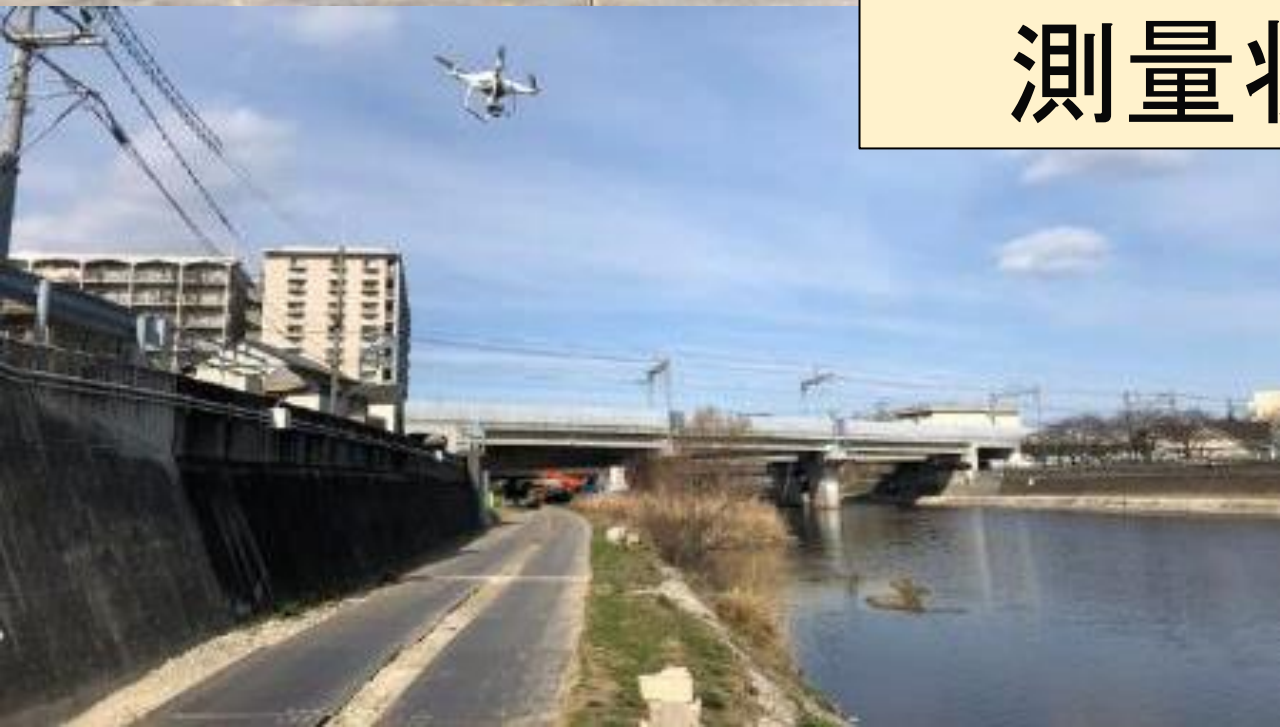
明石大橋周辺の状況を非常に鮮明に記録できている



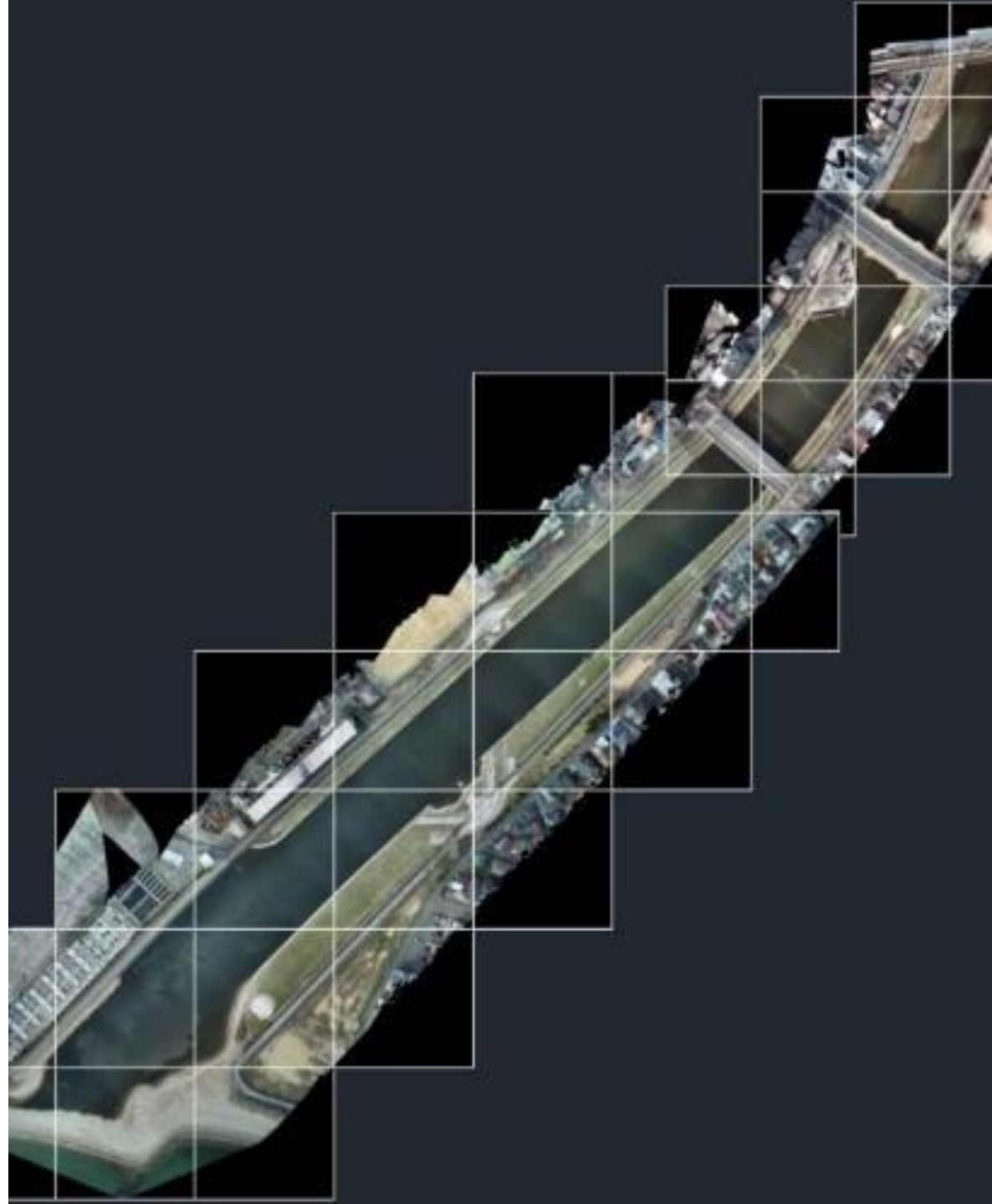
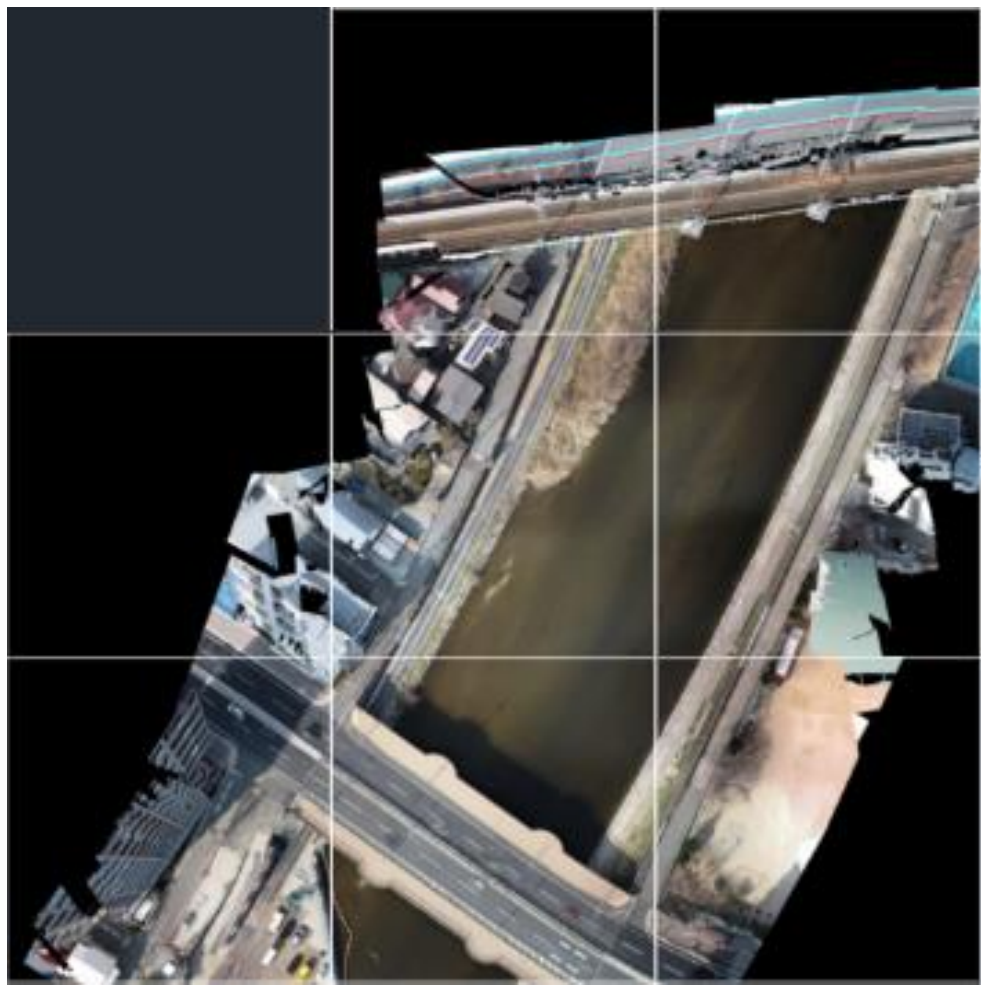
明石川下流部の三次元モデル



3Dモデル作成 測量状況



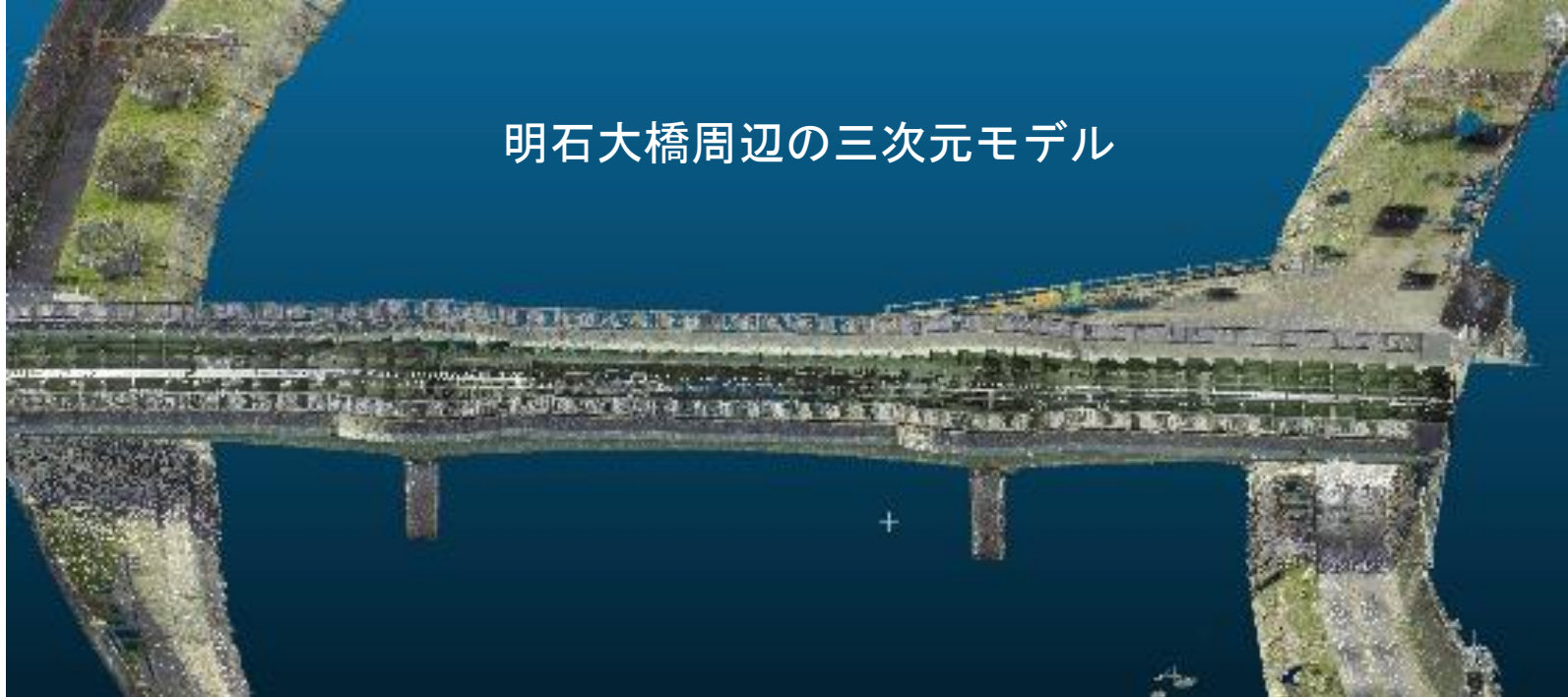
明石川下流域のオルソ画像



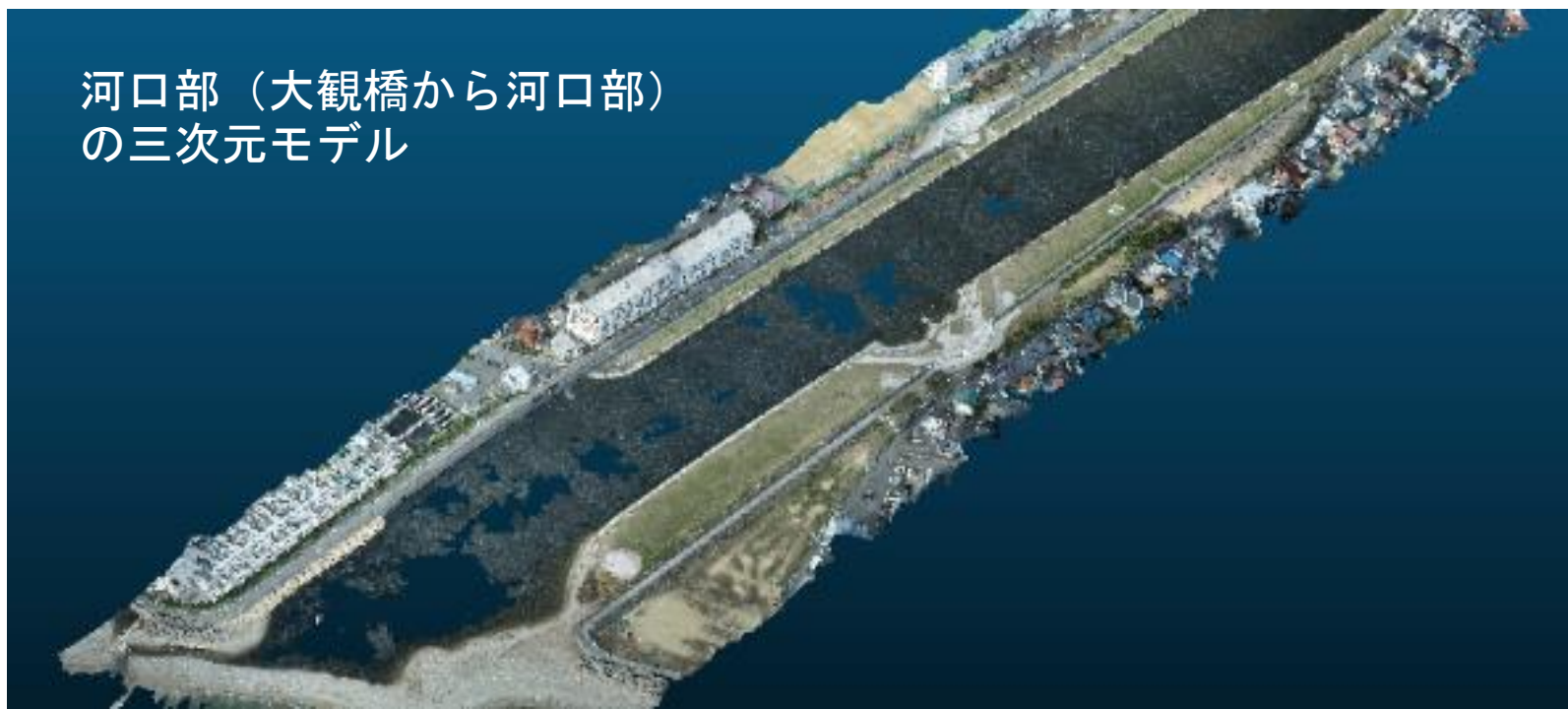
明石川下流域 の3Dモデル

UAVによる写真測量だけでなく、TLSを併せて使用しており、河川敷に繁茂している植生などに影響されず、詳細な地形情報を所得することができた。
ただし通常のレーザースキャナ（近赤外線）を使用したため、水面以下のデータは取得できていない。

明石大橋周辺の三次元モデル



河口部（大観橋から河口部）
の三次元モデル



機械学習を用いた河川画像 による水位判定

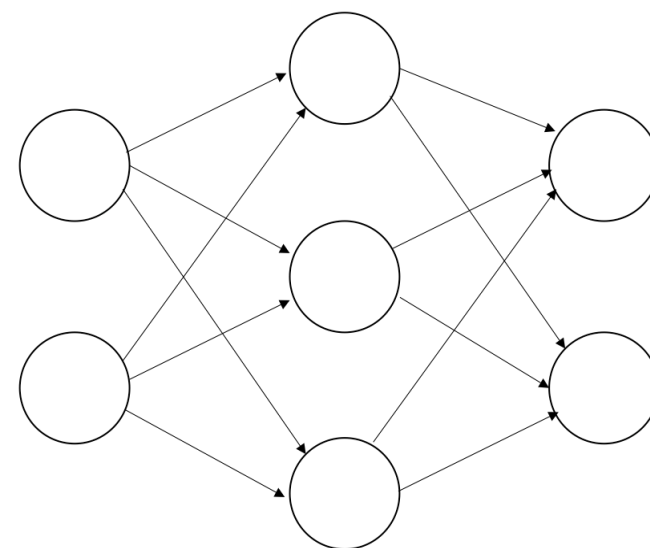
本研究では

- ▶ 現在の災害システムの盲点になっている中小河川について新しい監視システムを提案する
- ▶ 特に、小河川の水位をWEBカメラや定点カメラ等の画像から機械学習により河川水位を判断する手法について検討する

⇒ 機械学習の中でもニューラルネットワークを用いて河川のカメラ画像をもとに河川水位の判定が可能か検討した。

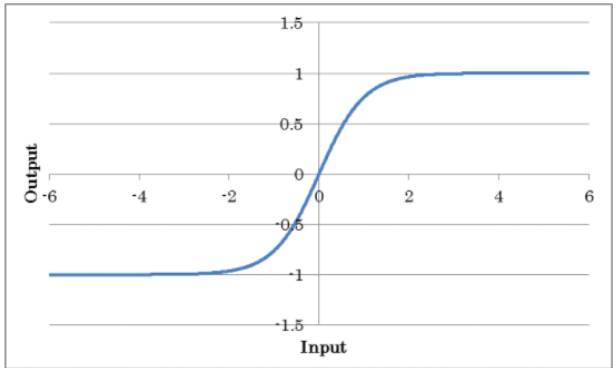
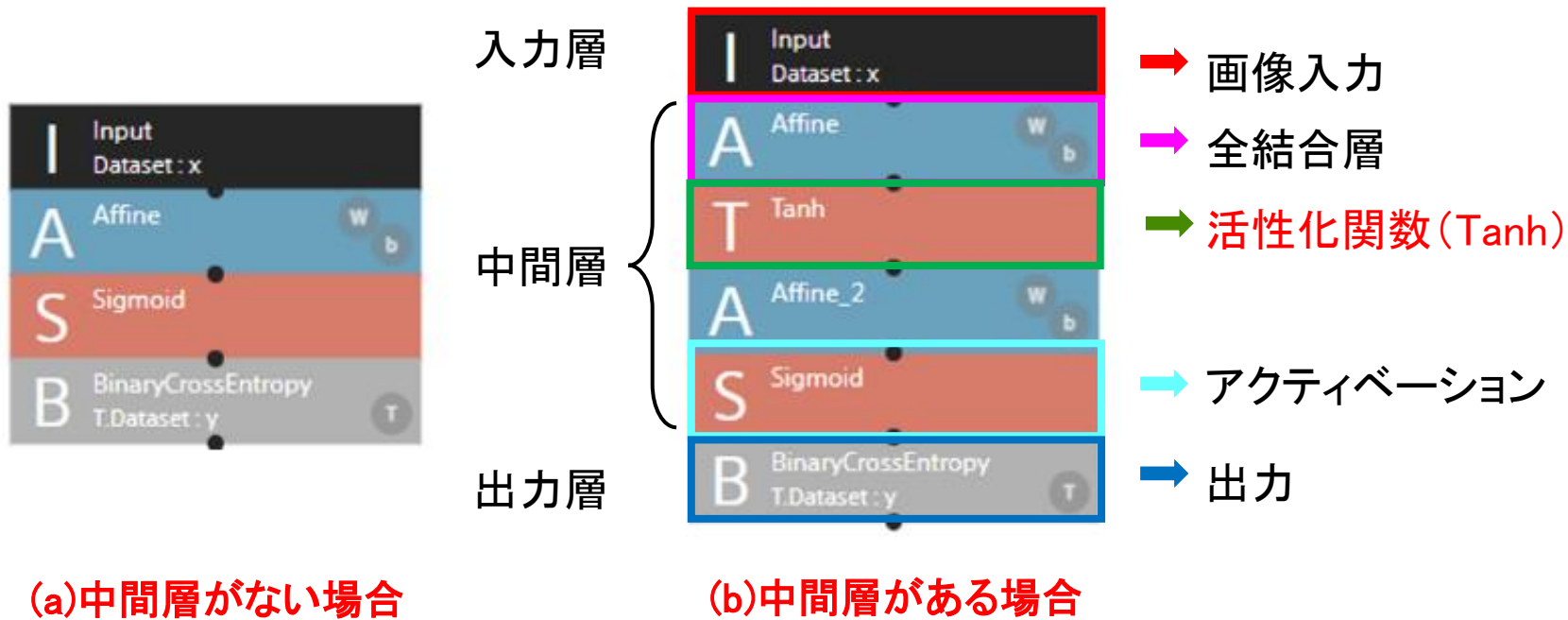
ニューラルネットワーク

入力層 中間層 出力層

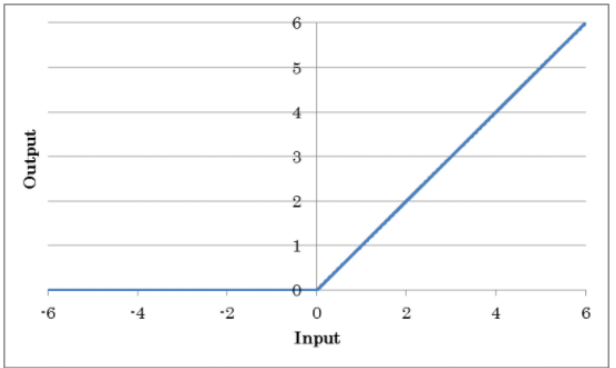


ニューラルネットワーク

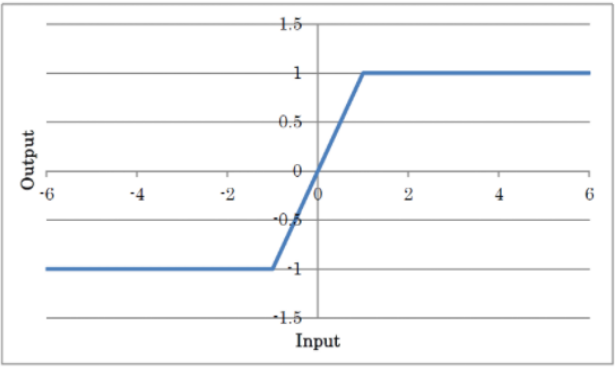
使用するソフト : [Neural Network Console \(NNC\)](#)



(a)Tanh



(b)ReLU



(c)HardTanh

明石川流域防災カメラ画像



水位 1.53 m



水位 1.78 m



水位 3.42 m

- 理由 ▶ 画質が鮮明
- ▶ 解像度 ○
- ▶ 特徴的な水位における画像を取得可

明石川流域防災カメラ画像



➤ 画像の総数 **216** 枚 (2020年2月10日～2021年9月17日)

明石川流域防災カメラ画像

条件

- ▶ 水位 2m未満なら「0」、水位 2m以上なら「1」



水位 1.78 m ⇒ 「0」



水位 3.42 m ⇒ 「1」

- ▶ 使用する画像のうち学習用データと評価用データを8対2の割合で分割

216枚使う場合

学習用データ 172枚

(判定が行えるように訓練する用)

評価用データ 44枚

(訓練したものがどのくらいの精度を持っているかを判定する用)

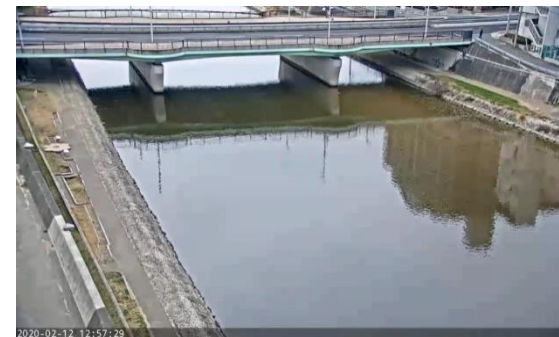
判定結果

評価用データ44枚、活性化関数Tanhを用いた
ニューラルネットワークによる判定

ニューラルネットワークが判定した値

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	31	0
1 (2m以上)	13	0
適合率(precision)	0.705	0.000

適合率: 予測したもののうち、どれだけ
正解していたかの割合



▶ 画像44枚全てを水位2m未満と判定

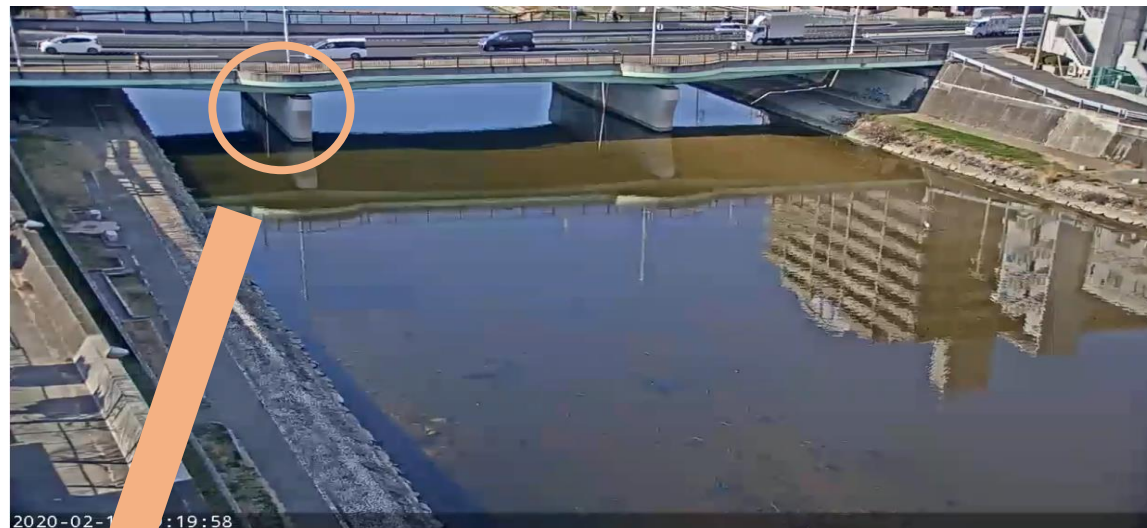
水位2m以上のデータについて
学習できていないことを示す

誤判定の原因



- ▶ 判定に関係のない部分が存在
- ▶ 河川の色彩や周辺の建物

改良策



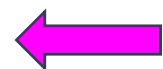
- ▶ 左岸橋脚に注目したデータセット作成
- ▶ カラー・モノクロ画像

- ▶ 画像140枚(評価用データ 29枚)

左岸橋脚の判定結果(モノクロ)

中間層あり(Tanh) 判定結果

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	1
1 (2m以上)	0	13
適合率(precision)	1.000	0.929
全体の精度	0.966	



最も精度が良かった

中間層なし 判定結果

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	1
1 (2m以上)	3	10
適合率(precision)	0.833	0.909
全体の精度	0.862	

左岸橋脚の判定結果(カラー)

中間層あり(Tanh) 判定結果

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	4
1 (2m以上)	0	10
適合率(precision)	1.000	0.714
全体の精度	0.862	

中間層なし 判定結果

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	4
1 (2m以上)	1	9
適合率(precision)	0.938	0.692
全体の精度	0.828	

左岸橋脚の判定結果(モノクロ)

(a) Tanh

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	16	0
1 (2m以上)	1	12
適合率(precision)	0.941	1.000
全体の精度	0.966	

(b) ReLU

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	1
1 (2m以上)	0	13
適合率(precision)	1.000	0.929
全体の精度	0.966	

(c) HardTanh

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	1
1 (2m以上)	0	13
適合率(precision)	1.000	0.929
全体の精度	0.966	

左岸橋脚の判定結果(カラー)

(a) Tanh

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	4
1 (2m以上)	0	10
適合率(precision)	1.000	0.714
全体の精度	0.862	

(b) ReLU

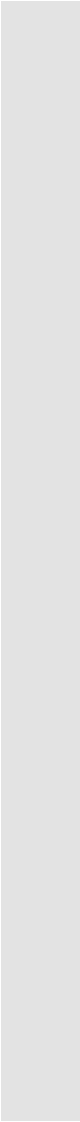
実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	4
1 (2m以上)	0	10
適合率(precision)	1.000	0.714
全体の精度	0.862	

(c) HardTanh

実際の値\予測値	0 (2m未満)	1 (2m以上)
0 (2m未満)	15	4
1 (2m以上)	0	10
適合率(precision)	1.000	0.714
全体の精度	0.862	



まとめ



まとめ (1)

- 令和2年7月に発生した滋賀県高島市拝戸地区の土石流調査を通して、普段は水量のほとんどない小河川においても局地的な集中豪雨の場合には水量が急激に増加し、場合によっては土石流などの土砂災害を伴うような災害に発展する危険性がある。
- 河川カメラ画像の画像は多くの場合、鮮明ではなく、位置やアングルの関係で機械学習により河川水位を判定するために適していないことが分かった。
- 明石川の流域防災カメラ画像の解像度が高く、カメラのアングル等も河川水位を判定するために適していると判断し、河川カメラの機械学習のデータとして使用した。
- TLSならびUAVを用いて明石川下流域の測量を行い、精緻な三次元モデルを作成した。この三次元モデルを用いることにより、明石川の断面形状などを把握することがきる。ただし、今回の調査では河床情報の取得はしていない。

まとめ (2)

- 一般的な河川カメラ画像の場合、画像に自動車や橋といった河川水位の判定に関係のない部分により、NNCでは正しい判定が行えなかった。
- 橋脚部分に注目したことにより判定が行えるようになった。カラー・モノクロ画像ともに、**中間層有りの方が中間層無し比べると精度が良い**。
- **活性化関数**による学習・評価の差は、カラー・モノクロ画像ともに**全体の精度**としては見られなかった。