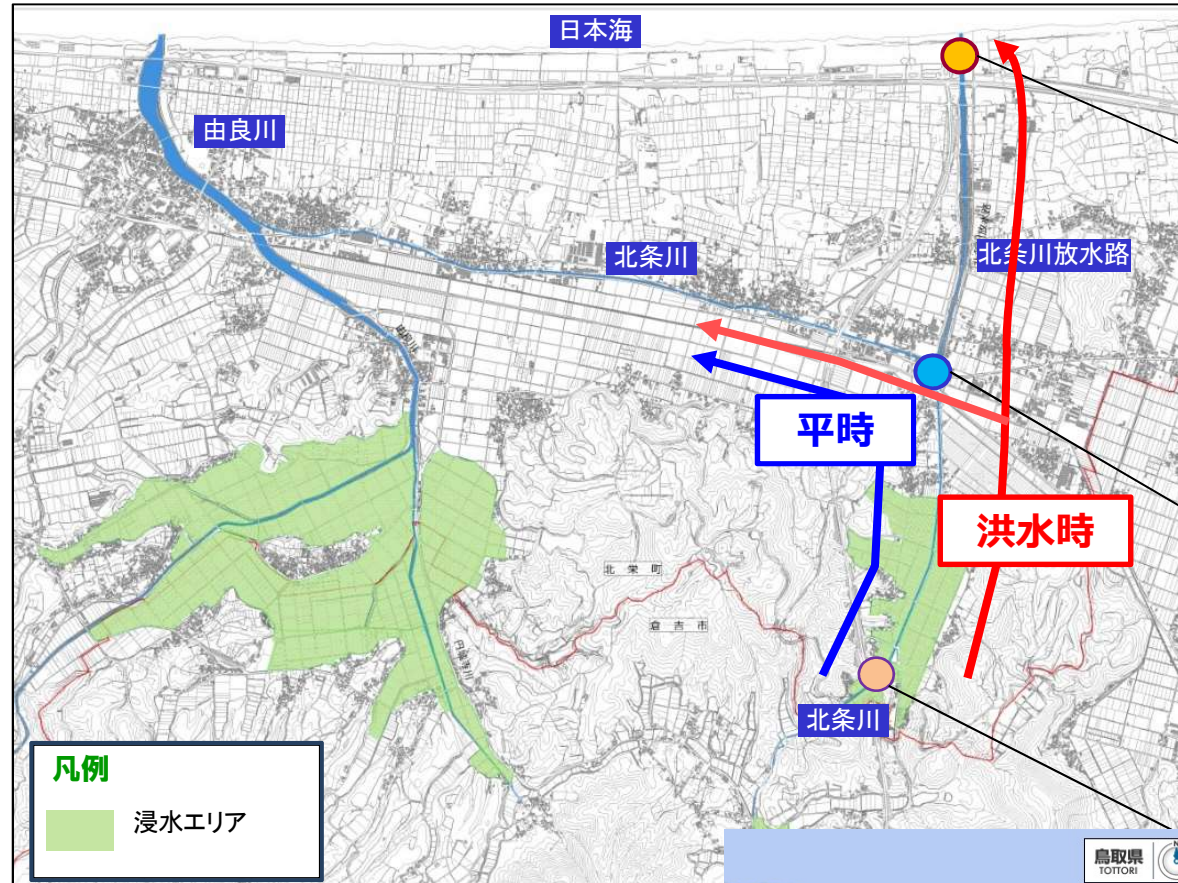


A I 技術を活用した 河川管理の高度化実証実験

 **鳥取県 中部総合事務所県土整備局**
計画調査課 係長 林原 伸生

1. 実験概要
2. 北条川上流域における溢水の監視
3. 北条川放水路河口部における砂州の監視
4. 北条川分水堰における水位予測及び分水堰の操作支援
5. 実験システムの開発
6. まとめ

1.実験概要



- 【対象地】**
 鳥取県二級河川由良川水系北条川
 ・北条川放水路の河川縦断勾配1/1,500
 ・70年確率流量110m³/s



北条川放水路河口部



北条川分水堰



北条川上流域(米里地区)

1. 実験概要

課題とAIによる解決方法

現状：河口閉塞したら砂州を撤去する必要がある。洪水前に的確に河口砂州撤去の判断をするため、現場又は監視カメラにて河口を監視し続けている。

課題：河口砂州撤去の判断をいかに省力化するか。

解決方法：AIが監視カメラ画像から砂州が撤去すべき高さになったことを検知する。

放水路 河口部



現状：気象予報のとおり河川の水位が変動するわけではないため、分水堰倒伏の最適なタイミングを見極めることが難しい。

課題：分水堰倒伏の判断をいかに適正化するか。

解決方法：降雨量予測データ等からAIが数時間後の水位を予測し、分水堰を倒伏すべき時刻を予測する。

放水路 分水堰



現状：洪水時に、いつ、どこで溢水が発生したのかを迅速かつ正確に把握できていない。

課題：溢水をいかに迅速かつ正確に把握し周知するか。

解決方法：AIが監視カメラ画像から溢水したことを検知する。

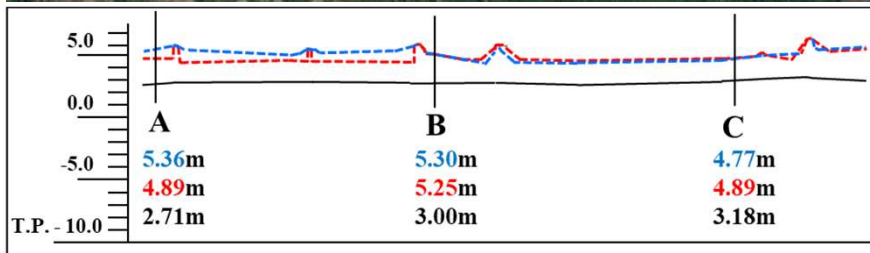
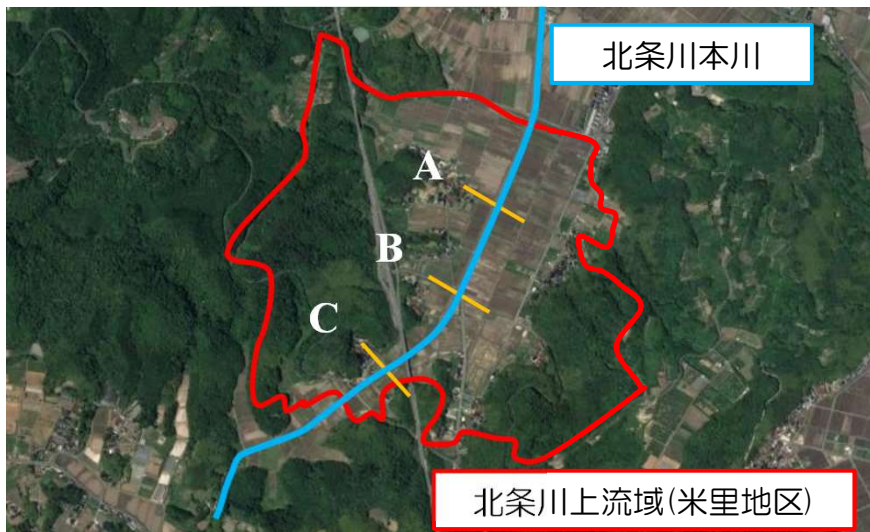
上流域 (米里地区)



2.北条川上流域における溢水の監視

2.北条川上流域における溢水の監視

北条川上流域（米里地区）は海拔わずか3m程度であり、河道断面が小さく、河床勾配も緩いため、降雨時に溢水が常態化



【凡例】地盤高 右岸: --- 左岸: --- 河床: — 米里地区縦断図

2.北条川上流域における溢水の監視

溢水に対応した水防活動を行うため、CCTVカメラ画像を目視で確認

**いつ・どこで溢水が発生したのかを正確に把握できず、
現地にて溢水箇所や浸水深を特定し、水防活動を実施**



河川監視CCTVカメラ
所在地：鳥取県東伯郡北栄町米里
管理者：鳥取県中部総合事務所



日中のCCTVカメラ画像



夜間のCCTVカメラ画像

2.北条川上流域における溢水の監視

機能

- ① 河川水面をピクセル単位で検知
- ② 溢水発生有無を判定
- ③ 河川水位を計測



モデルの検知結果

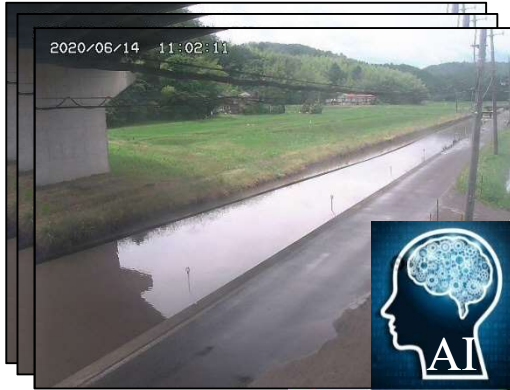
検知ピクセルをカラー化

- : 河道内の河川領域
- : 溢水領域

溢水発生有無の判定

溢水判定ライン(水面と道路の境界)を超えて水面を検知した場合、溢水と判定

2.北条川上流域における溢水の監視



AIモデル

AIに「河川水面」の領域を理解させるため、AIに「河川水面」の特徴を繰り返し学習させた。

対象カメラ	時間帯	学習用データ		検知精度		
		合計	訓練データ テストデータ	正検知率	誤検知率	未検知率
北栄町 米里カメラ	日中	3,514 枚	3,162 枚	99.0%	0.5%	1.0%
			352 枚	99.3%	0.8%	0.7%
	夜間 (照明有)	724 枚	651 枚	98.2%	1.1%	1.8%
			73 枚	96.5%	1.5%	3.5%

日中及び夜間(照明有)の場合、高精度で「河川水面」を捉え、さらに、越水を検知することが可能。

AIが出力した例



日中



夜間



越水発生時

2.北条川上流域における溢水の監視

河川水面の検知結果から、さらに水位を算出するシステムを開発

水位算出手順

- ① 現地にて「護岸の天端高」と「河川水位」を測量

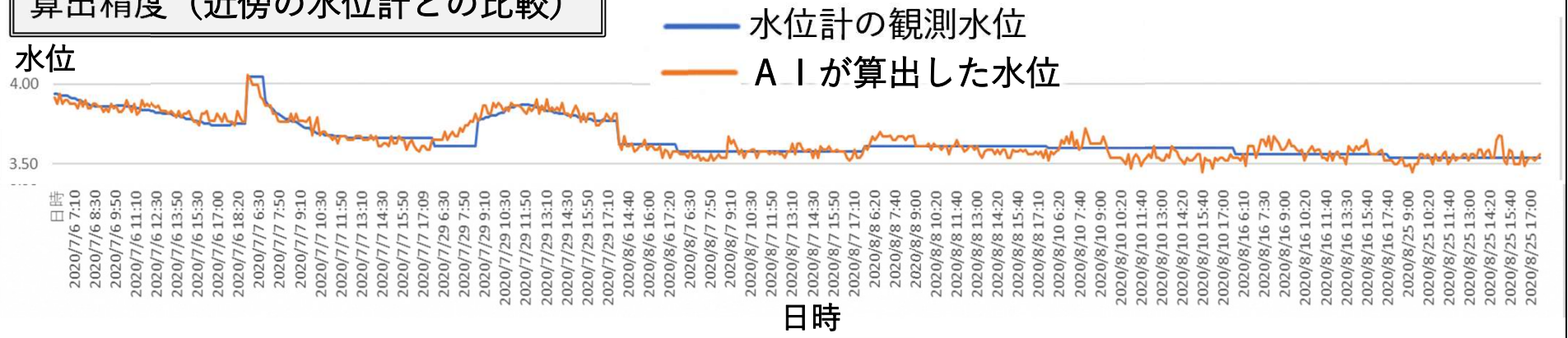


- ② 測量結果をもとに、同じ場所、かつ、同時刻の監視カメラ画像の「ピクセルあたり」の水位を算出

→ 1ピクセル = 1.8cm と算出



算出精度（近傍の水位計との比較）



対象期間	天候	枚数	平均誤差
2020/7/6 6:00 ~ 2020/7/7 18:00	曇、雨	582枚 (夜間除く)	4cm
2020/7/29 6:00 ~ 2020/7/29 18:00	曇、雨		
2020/8/6 6:00 ~ 2020/8/10 18:00	曇のち晴		
2020/8/16 6:00 ~ 2020/8/16 18:00	晴		
2020/8/25 6:00 ~ 2020/8/25 18:00	晴		

日中の場合、高精度で水位を算出することが可能。

2.北条川上流域における溢水の監視

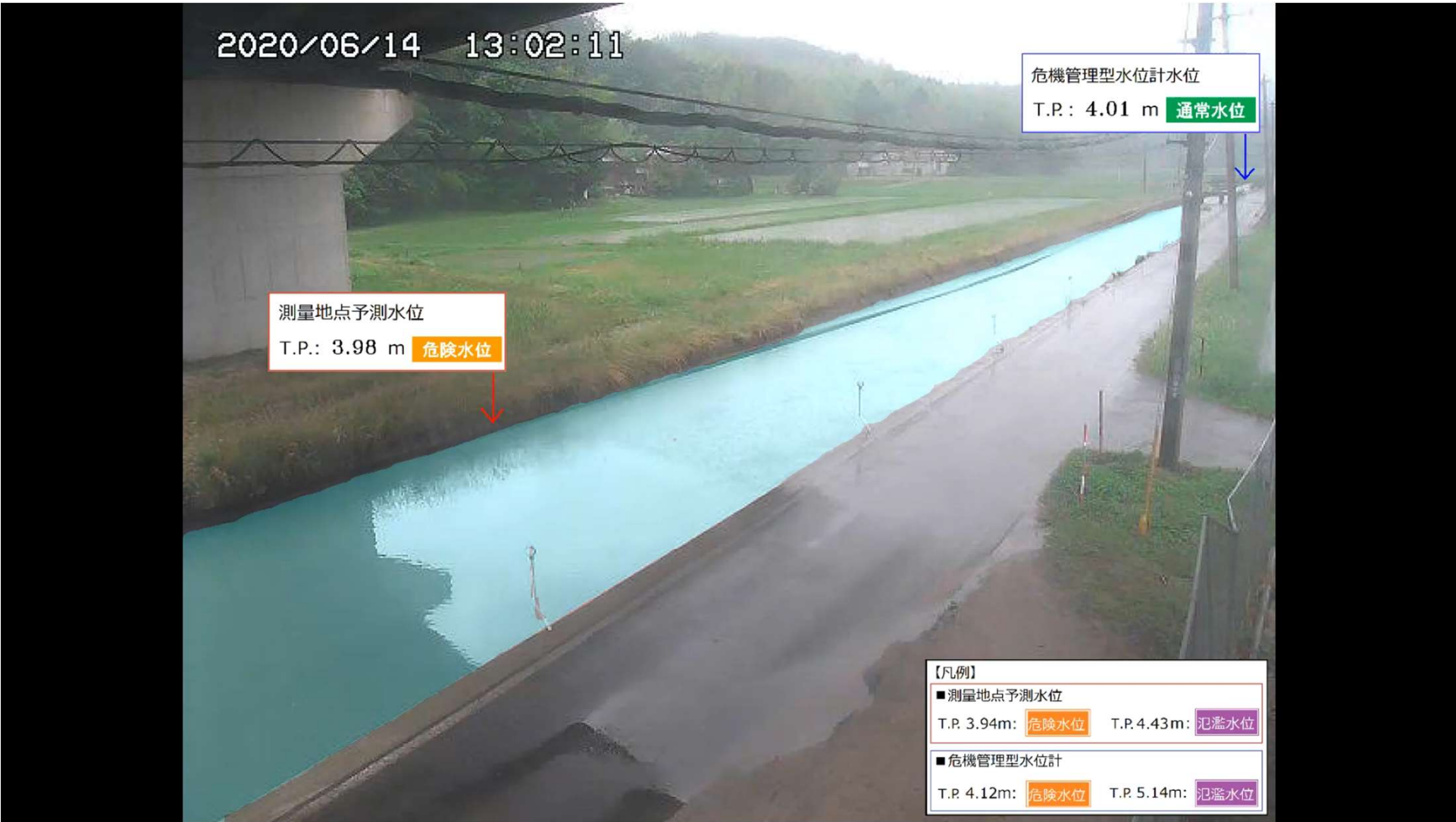
2020/06/14 13:02:11

危機管理型水位計水位
T.P.: 4.01 m 通常水位

測量地点予測水位
T.P.: 3.98 m 危険水位

【凡例】

■ 測量地点予測水位	T.P. 3.94m: 危険水位	T.P. 4.43m: 氾濫水位
■ 危機管理型水位計	T.P. 4.12m: 危険水位	T.P. 5.14m: 氾濫水位



3.北条川放水路河口部における砂州の監視

3.北条川放水路河口部における砂州の監視

- ➔ 北条川放水路河口部では、波浪による放水路内への漂砂の押込みや河川流量が少なさ等で河口閉塞が頻発
- ➔ 河口閉塞による内外水の氾濫を防ぐため、河口砂州高が許容限界値のT.P.+2.95m※に近づき、まとまった降雨が予想される場合に開削作業を実施

※河川水位が上昇すると河口から1k550m地点の浜川水路橋桁下高さに干渉する高さ



3.北条川放水路河口部における砂州の監視

■ 現状は河口砂州高を定量的に計測できておらず、CCTVカメラ画像を確認し、T.P.+2.95mへの到達を主観的に判断

➡ 継続的な監視人員の不足・判断結果のばらつき等が課題



【河口部監視CCTVカメラ】
所在地：鳥取県東伯郡北栄町田井
管理者：鳥取県中部総合事務所



【CCTVカメラ画像】

3.北条川放水路河口部における砂州の監視

機能

- ① 河口砂州と河川水面をピクセル単位で検知
- ② 河口砂州状態を3段階(警戒・注意・平常)で判定
- ③ 河川水位を計測



モデルの検知結果

検知ピクセルをカラー化

- : 河口砂州領域
- : 河川水面領域

2種類の検知ラインと検知した河口砂州との位置関係で判定

- 警戒状態 警戒 (T.P.+2.95m以上)
- 注意状態 注意 (T.P.+2.10m(護岸の天端高) ~2.95m)
- 平常状態 平常 (T.P.+2.10m未満)

監視が容易な日中監視用、困難な夜間監視用の教師データを作成し、2種類のモデルを構築

☀
日
中



対象時刻:6:00 ~ 18:00



🌙
夜
間



対象時刻:18:00 ~ 6:00



3.北条川放水路河口部における砂州の監視

水滴、越波、降雪・積雪が精度低下要因

➔ **最大の要因である降雪・積雪の対策を検討**



3.北条川放水路河口部における砂州の監視

春・夏・秋期 (3～11月) と冬期 (12～2月) の日中 (7～17時)、

夜間 (17～7時) 専用モデルを構築

冬期 (雪)・夜間の精度低下対策

春・夏・秋期:河口砂州:約92% (日中)・約84% (夜間)、河川水面:約97% (日中)・約96% (夜間) の正検知率

冬 期:河口砂州:約81% (日中)・約77% (夜間)、河川水面:約92% (日中)・約87% (夜間) の正検知率

春・夏・秋期モデル

対象モデル	教師データ		河口砂州・河川水面の検知精度						T.P.+2.95m 超えの判定
	合計	訓練データ (90.0%)	河口砂州			河川水面			
		テストデータ (10.0%)	正検知率	誤検知率	未検知率	正検知率	誤検知率	未検知率	
日中用モデル	7,316枚	6,584枚	95.3%	0.1%	4.7%	98.2%	0.1%	1.8%	100.0%
		732枚	92.4%	0.1%	7.6%	97.2%	0.1%	2.8%	99.5%
夜間用モデル	8,049枚	7,242枚	93.7%	0.1%	6.3%	98.1%	0.1%	1.9%	99.8%
		807枚	83.7%	0.1%	16.3%	96.2%	0.1%	3.8%	96.3%

冬期モデル

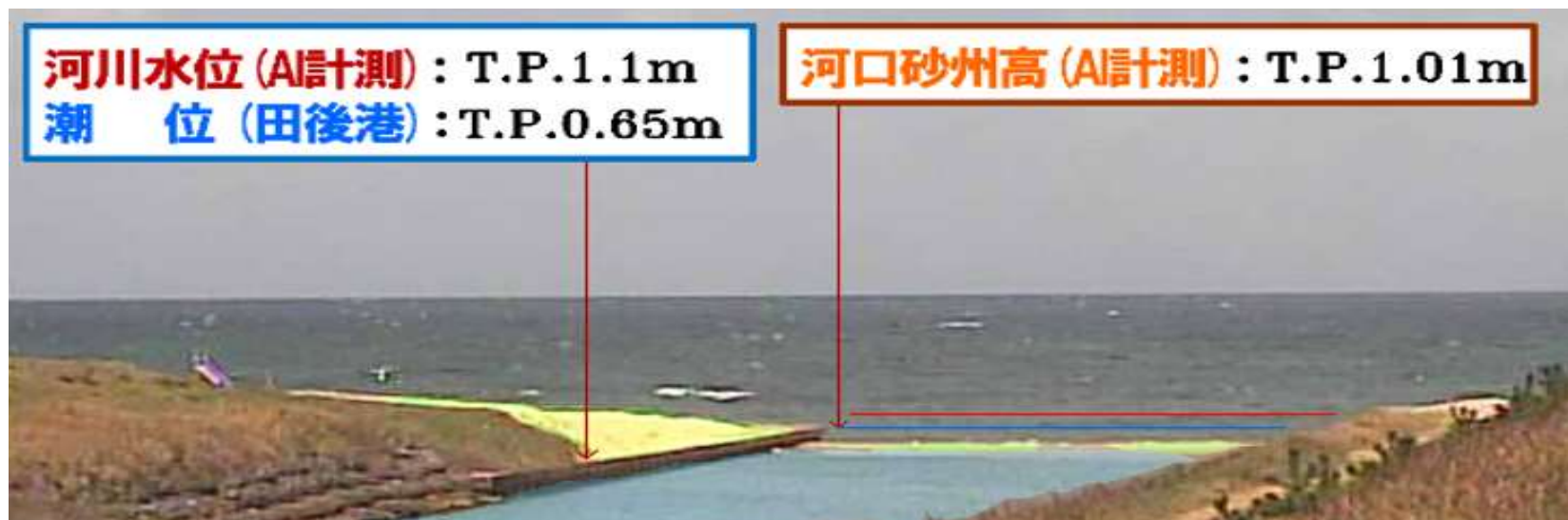
対象モデル	教師データ		河口砂州・河川水面の検知精度						T.P.+2.95m 超えの判定
	合計	訓練データ (90.0%)	河口砂州			河川水面			
		テストデータ (10.0%)	正検知率	誤検知率	未検知率	正検知率	誤検知率	未検知率	
日中用モデル	2,881枚	2,592枚	83.9%	0.4%	16.1%	94.3%	0.6%	5.7%	93.1%
		289枚	81.1%	0.5%	18.9%	92.1%	0.7%	7.9%	91.5%
夜間用モデル	2,325枚	2,092枚	80.9%	0.1%	19.1%	90.1%	0.7%	9.9%	90.4%
		233枚	77.3%	0.2%	22.7%	87.3%	0.9%	12.7%	82.3%

3.北条川放水路河口部における砂州の監視

① 河口閉塞・開口判定モデル (河口砂州状態を3段階判定)

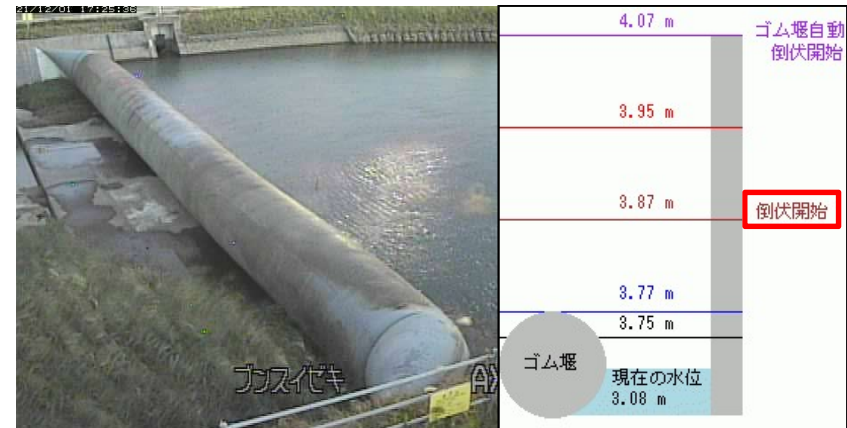


② 河口砂州高さ・河川水位計測モデル (河口砂州状態を定量的に判定)



4. 北条川分水堰における水位予測及び分水堰の操作支援

分水堰操作の現状と課題



分水堰水位の常時監視と気象・雨量情報を基に、堰倒伏開始水位に至るまでの時間を職員が推定し、操作手続きと行動を実施

- ・水位到達の時間推定は、**職員の経験**によるものが大きく、人事異動等による運用精度の低下が懸念
- ・操作判断は、休日・夜間にも及ぶため、職員の**時間的拘束による心理的負担が大きい**

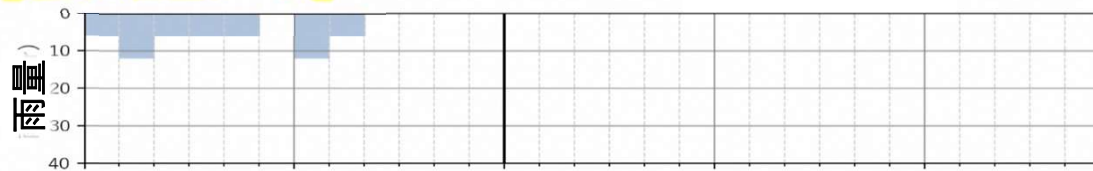
⇒堰操作状況に応じた将来水位の把握(予測)によって、**分水堰操作の判断を支援**

4.北条川分水堰における水位予測及び分水堰の操作支援 22

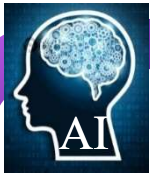
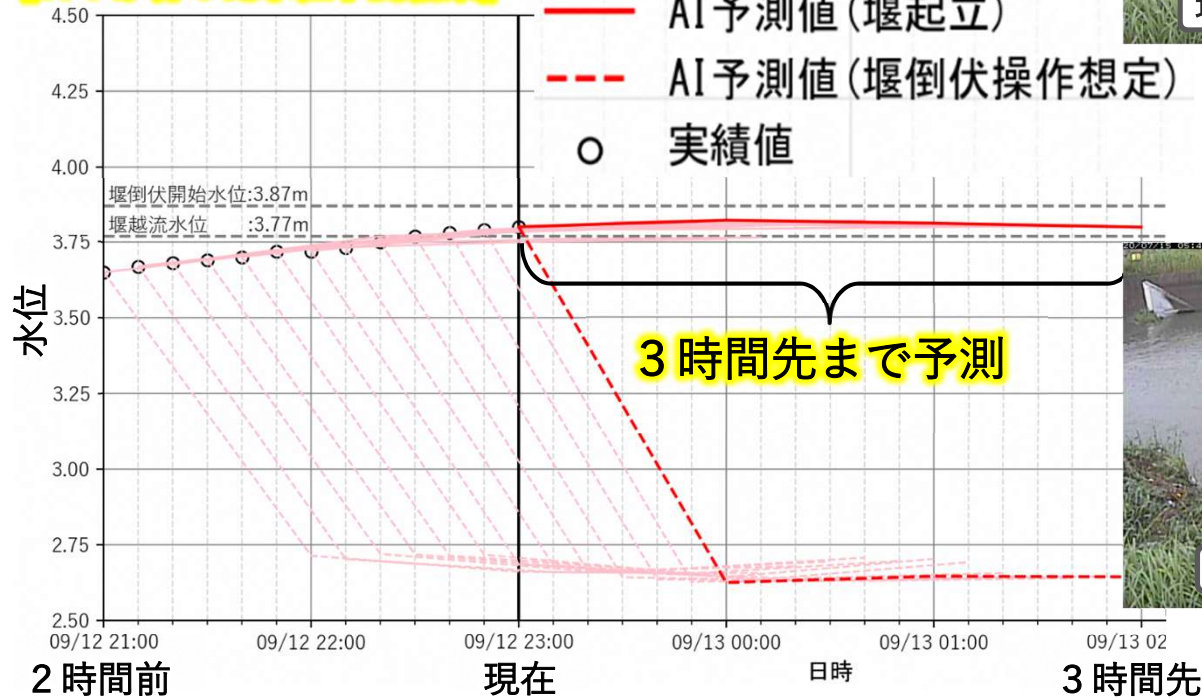
分水堰の操作に応じた水位予測モデルを開発

過去の雨量・水位データや分水堰の操作実績等を用いて、AIに、「**どういう雨量で、どういう分水堰の操作であれば、水位がどうなるのか**」を繰り返し学習させた。

【過去の雨量データ】



【AIが行った水位予測結果】



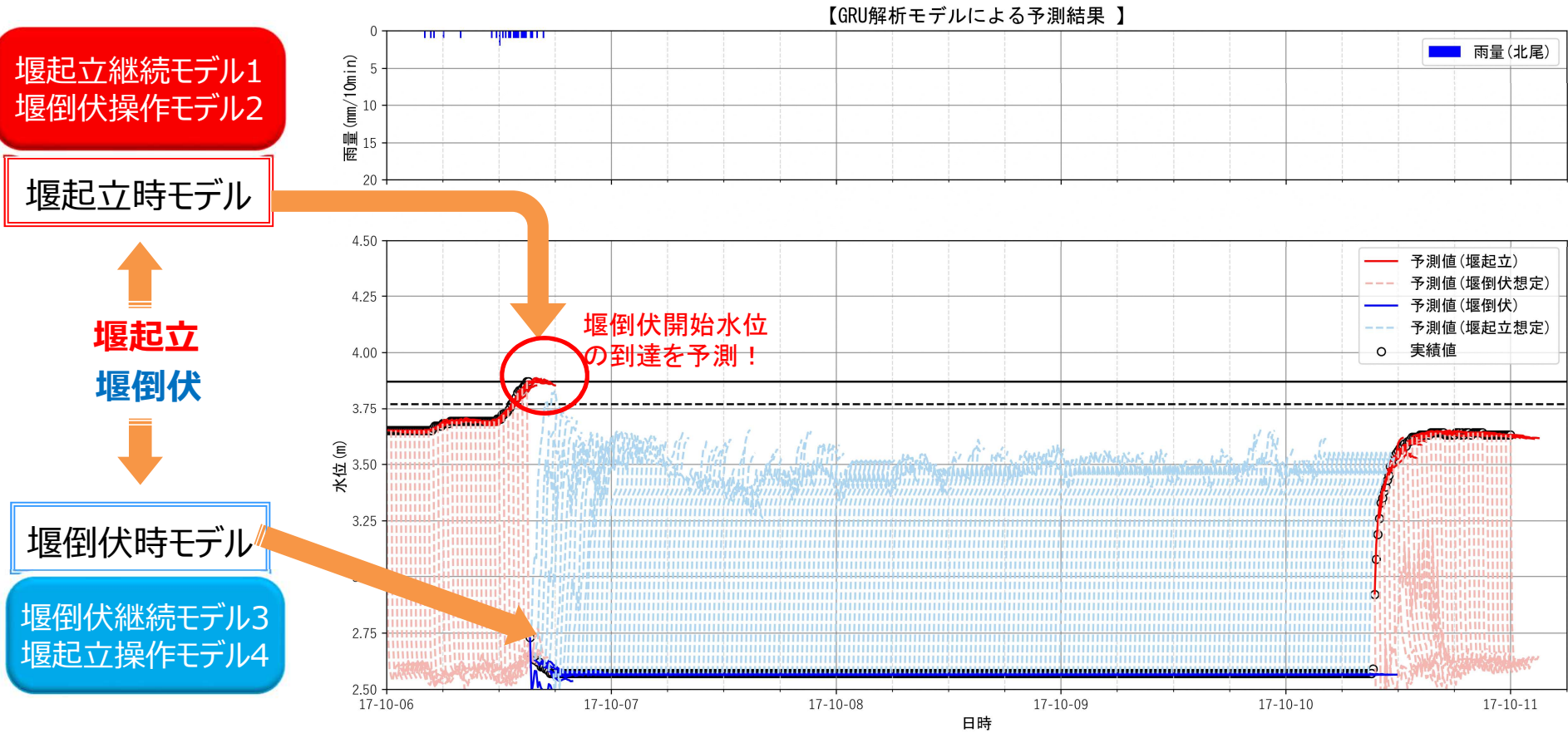
AIモデル

4.北条川分水堰における水位予測及び分水堰の操作支援

分水堰の操作に応じた水位予測モデルを開発

2015年から2021年の実績雨量・水位データや分水堰の操作実績等を用いて、分水堰操作状況に応じた水位を予測するAIモデルを構築した。

概ね3時間前に堰倒伏開始水位到達を予測可能 ⇒ 堰操作担当職員の負担軽減

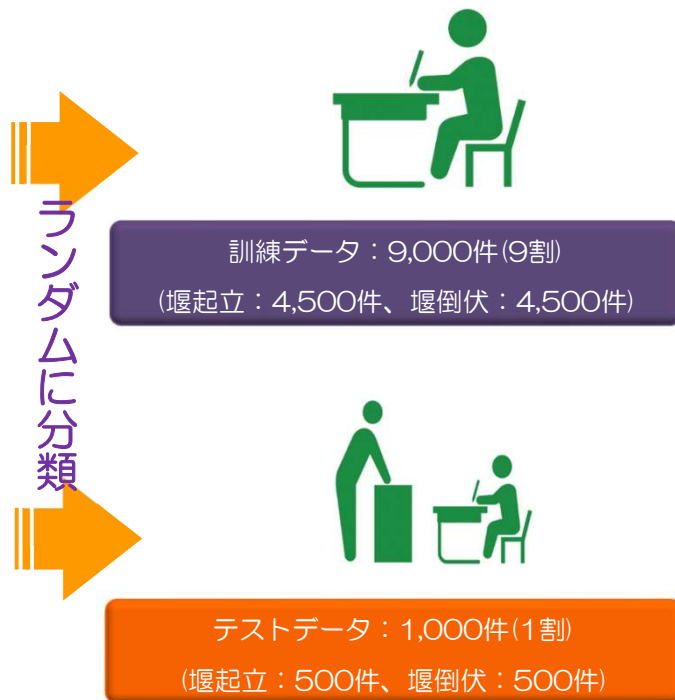


4.北条川分水堰における水位予測及び分水堰の操作支援

分水堰の起立・倒伏を判定するモデルを開発

様々な状況(積雪、時間帯、日射量、水量、水滴の付着)の分水堰CCTV画像をAIに学習させ、**前述の分水堰水位予測モデルの切り替え判断に利用可能な分水堰起立・倒伏判定AIを構築した。**

この結果、分水堰起立・倒伏の判定精度は100%であった。



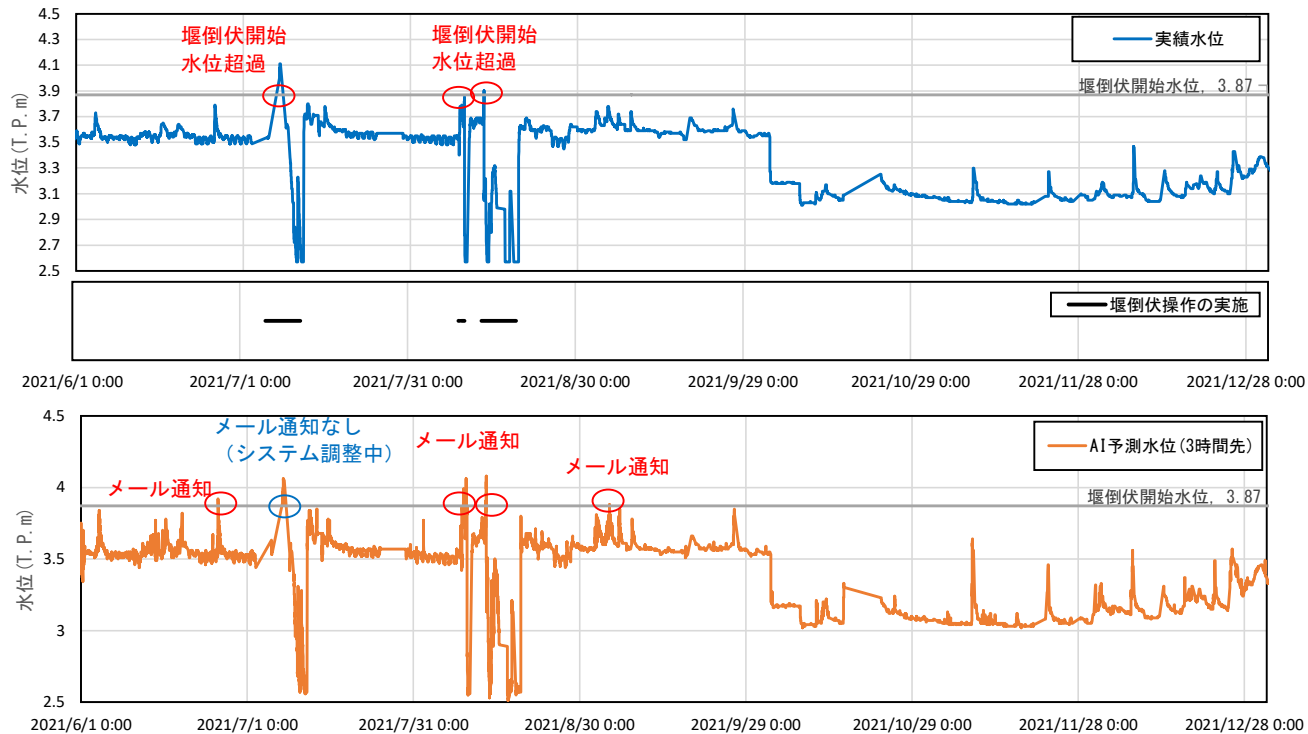
教師データ	判定の正解率	
	訓練データ (90.0% : 9,000枚)	テストデータ (10.0% : 1,000枚)
分水堰状態		
堰起立	100.0%	100.0%
堰倒伏	100.0%	100.0%

4.北条川分水堰における水位予測及び分水堰の操作支援

試験運用の結果(堰操作実績、水位の観測結果、メール通知結果)

2021年実績で堰倒伏開始水位を超過した3回のうち、AIモデルはシステム調整中の1回(7月7日)を除いた2回で3時間後の堰倒伏開始水位到達の予測とメール通知を実施することができ、堰操作職員の負担軽減につながった。

なお、予測雨量の誤差があるため、実績よりも2回多い堰倒伏開始水位到達を予測しているが、AIモデルは安全側の予測となっている。

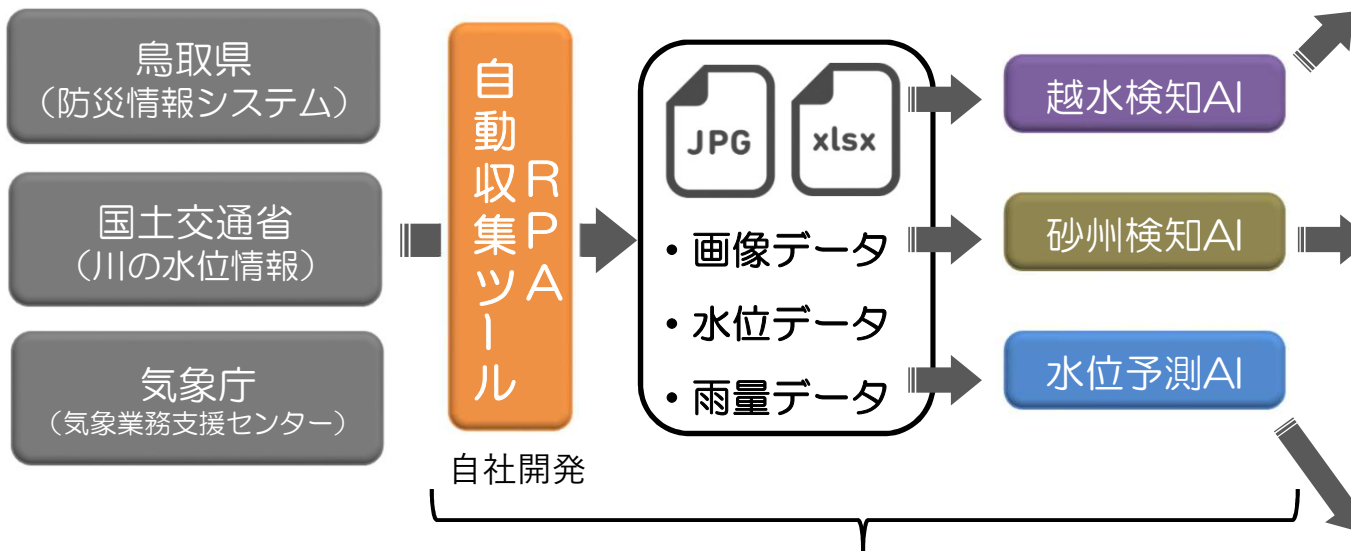


※システム調整中の場合、一部欠測あり

5. 実験システムの開発

システム概要

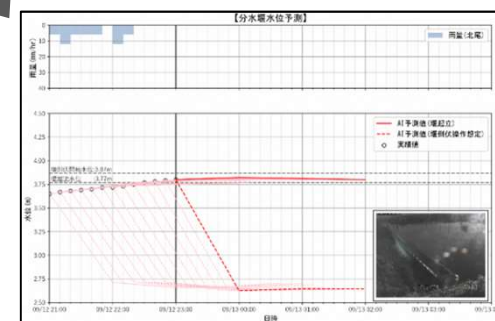
リアルタイム取得



10分間隔で自動処理！

AI判定結果のメール配信、web共有

AI判定結果



5. 実験システムの開発

メール配信システム

河口砂州監視システム

ai_water_test@outlook.jp 15:53
転送先 Undisclosed recipients

【砂州判定(砂州高計測)】
---北条川放水路河口部カメラ---

■場所：河口監視局 ■日時：2020年09月10日 15:52:56
-----AI映像判定結果----- ■状態：警戒状態



警戒状態

【表示内容】

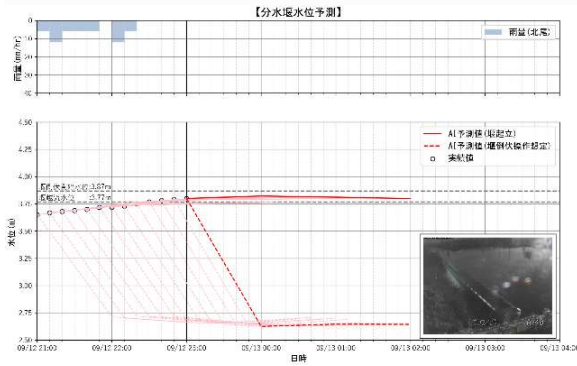
- ・ 日時、・ 水面、砂州検知結果画像
- ・ 砂州状況(平常、注意、警戒)

分水堰水位予測システム

ai_water_test@outlook.jp 09/12 23:38
転送先 6a80fa2f.kengi.onmicrosoft.com@apac.teams.ms

【AI水位予測】
-----AI水位予測-----

■場所：北条川放水路分水堰
■日時：2020年09月12日 23:30:00
■現時刻水位：3.82
■AI予測結果：【注意】堰越流水位3.77m超過予測(現時刻~3時間後予測)
[3.82, 3.81, 3.8, 3.78]



【表示内容】

- ・ 日時、現時刻水位
- ・ 予測結果(現時刻~3時間後予測)
- ・ 水位予測図、分水堰画像

溢水監視システム

ai_water_test@outlook.jp 15:53
転送先 Undisclosed recipients

【溢水判定(水位計測)】
---北条川(北条町米里)カメラ---

■場所：北条川北条町 ■日時：2020年09月10日 15:52:57
-----AI映像判定結果----- ■水位：T.P. 3.6 m 通常水位

- (参考)危機管理型水位計- ■水位：T.P. 3.65 m 通常水位



【表示内容】

- ・ 日時、・ 水面検知結果画像、・ 算出水位
- ・ 危機管理型水位計水位
- ・ 水位状況(通常、危険、氾濫)

モデルの解析結果を河川管理者に自動配信!!

5.実験システムの開発

WEBサイト

【AIによる北条川の河川管理高度化実験】



<p>1時間前</p> <p>【AI水位判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年11月16日(日) 15時12分30秒 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.44m ●状態: 通常水位 -参考)危機管理型水位計- ●現時刻水位: T.P.3.55m ●状態: 通常水位</p>	<p>2時間前</p> <p>【AI水位判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年11月16日(日) 14時12分29秒 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.45m ●状態: 通常水位 -参考)危機管理型水位計- ●現時刻水位: T.P.3.55m ●状態: 通常水位</p>	<p>3時間前</p> <p>【AI水位判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年11月16日(日) 13時12分29秒 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.54m ●状態: 通常水位 -参考)危機管理型水位計- ●現時刻水位: T.P.3.55m ●状態: 通常水位</p>
<p>4時間前</p> <p>【AI水位判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年11月16日(日) 12時12分32秒 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.45m ●状態: 通常水位 -参考)危機管理型水位計- ●現時刻水位: T.P.3.55m ●状態: 通常水位</p>	<p>5時間前</p> <p>【AI水位判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年11月16日(日) 11時12分30秒 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.44m ●状態: 通常水位 -参考)危機管理型水位計- ●現時刻水位: T.P.3.55m ●状態: 通常水位</p>	<p>6時間前</p> <p>【AI水位判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年11月16日(日) 10時12分31秒 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.48m ●状態: 通常水位 -参考)危機管理型水位計- ●現時刻水位: T.P.3.55m ●状態: 通常水位</p>
<p>1時間前</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川(分水電カメ)分水電 ●日時: 2020年11月16日(日) 12時12分32秒 ●現時刻水位: T.P.3.2 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.2 m ●2時間後予測水位: T.P.3.2 m ●3時間後予測水位: T.P.3.2 m</p>	<p>2時間前</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川(分水電カメ)分水電 ●日時: 2020年11月16日(日) 11時12分29秒 ●現時刻水位: T.P.3.2 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.2 m ●2時間後予測水位: T.P.3.2 m ●3時間後予測水位: T.P.3.2 m</p>	<p>3時間前</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川(分水電カメ)分水電 ●日時: 2020年11月16日(日) 10時12分31秒 ●現時刻水位: T.P.3.2 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.2 m ●2時間後予測水位: T.P.3.2 m ●3時間後予測水位: T.P.3.2 m</p>
<p>4時間前</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川(分水電カメ)分水電 ●日時: 2020年11月16日(日) 11時12分30秒 ●現時刻水位: T.P.3.2 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.2 m ●2時間後予測水位: T.P.3.2 m ●3時間後予測水位: T.P.3.2 m</p>	<p>5時間前</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川(分水電カメ)分水電 ●日時: 2020年11月16日(日) 10時12分31秒 ●現時刻水位: T.P.3.2 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.2 m ●2時間後予測水位: T.P.3.2 m ●3時間後予測水位: T.P.3.2 m</p>	<p>6時間前</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川(分水電カメ)分水電 ●日時: 2020年11月16日(日) 10時12分31秒 ●現時刻水位: T.P.3.2 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.2 m ●2時間後予測水位: T.P.3.2 m ●3時間後予測水位: T.P.3.2 m</p>

<p>①河口砂州監視システム</p> <p>● 浜川水建設橋下高さ未満の河川流況で、砂州フラッシュ可能な砂州高 (T.P.2.95m) ● 天晴高さ (T.P.2.10m)</p> <p>注意状態</p> <p>【AI砂州高判定】 ---北条川(放水路河口部カメラ)--- ●場所: 河口監視局 ●日時: 2020年10月23日(金) 11時2分49秒 ---AI映像判定結果--- ●状態: 通常状態</p> <p>過去の配信情報</p>	<p>③分水堰水位予測システム</p> <p>【AI水位予測】 ---北条川(分水電カメ)--- ●場所: 北条川放水路分水電 ●日時: 2020年10月23日(金) 11時2分49秒 ●現時刻水位: T.P.3.58 m ●状態: 通常水位 ---AI予測結果(現時刻~3時間後)--- ●1時間後予測水位: T.P.3.55 m ●2時間後予測水位: T.P.3.52 m ●3時間後予測水位: T.P.3.51 m</p> <p>過去の配信情報</p>	<p>⑥治水監視システム</p> <p>【AI治水判定】 ---北条川(北条町米里カメラ)--- ●場所: 北条川北条町 ●日時: 2020年10月23日(金) 11時2分49秒 ●現時刻水位: T.P.3.63m ●状態: 通常水位 ---AI映像判定結果--- ●現時刻水位: T.P.3.72m ●状態: 通常水位</p> <p>過去の配信情報</p>
--	--	--

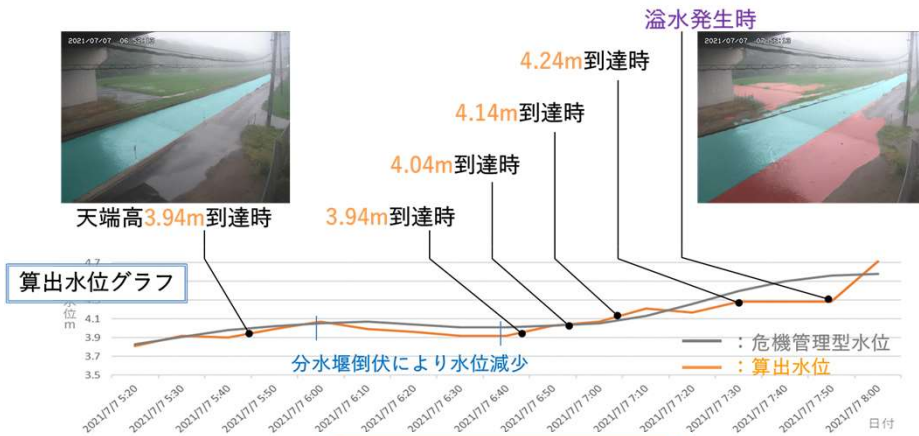
モデルの解析結果をリアルタイムに確認可能!!

5. 実験システムの開発

河川管理者へのメール配信

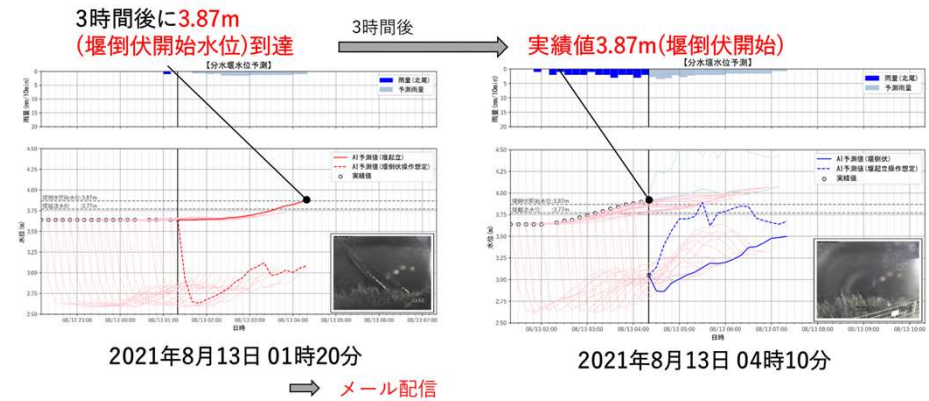
① 溢水監視AI

配信基準：3.94m(護岸天端高)、4.04m、4.14m、4.24m、4.34m、4.43m(溢水検知時)到達時



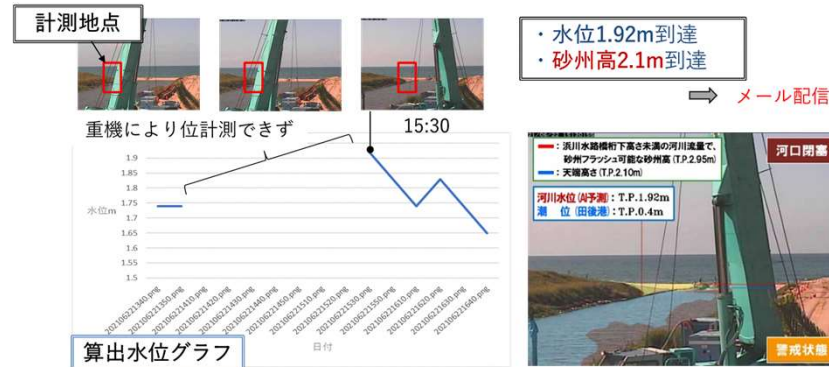
② 水位予測AI

配信基準：1,2,3時間後予測水位3.87m(堰倒伏開始水位)到達時



③ 砂州監視AI

配信基準：観測水位1.92m(護岸天端高)到達時かつ砂州高2.1m(注意状態)到達時



6. まとめ

実験成果

① 溢水監視AI

- 水位等の情報が画像内で確認可能となり、管理業務の省力化に寄与
- 溢水発生時に関係機関にも共有できる

② 水位予測AI

- 職員が堰操作のために出勤する前にメールが配信された
- 深夜・早朝にメール配信があり水位状況を確認するキツカケとなった

③ 砂州監視AI

- 近傍の潮位等が画像内で確認可能となり、管理業務の省力化に寄与

今後の課題

本格運用を目指した、長期間での動作検証、妥当性検証が必要

① 溢水監視AI

- 将来の溢水や浸水などが予測可能なシステムと連携することで、
河川管理における利用性が高まることに期待

② 水位予測AI

- 実運用時に利用するデータ(予測雨量など)の精度検証が必要

③ 砂州監視AI

- 砂州の形成を予測可能となれば、砂州監視の高度化に期待

今後の展開

- ▶ 本実験で開発したAIシステムの試行運用を実施
- ▶ AIモデルは、追加学習等により精度向上の余地があるため、AIモデル改良を継続して実施することが必要

操作・判断の確実性の向上、職員負担軽減



治水安全度・水防活動レベルの向上