

河川監視カメラを活用した 拡張現実技術の研究開発

令和5年11月15日(水)

東京都立大学 都市環境科学研究科 都市基盤環境学域

今村 能之

研究の背景

河川水位や河川監視カメラ映像等の情報が一般に公開され、避難情報として活用されている。

水位情報の課題

水位計が計測できない場合、水位情報を発信できない

例えば、2019年台風19号では秋川の水位計が流失

いかなる状況であっても水位を把握できることが望ましい

令和元年台風第19号による被害等

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinikai/kikouhendou_suigai/1/pdf/11_R1T19niyoruhigai.pdf



秋川 東秋留橋水位観測所

河川監視カメラの課題

流量や局所的な流速分布を把握できない(情報が少ない)

カメラ画像に流速等の情報を重ねることで、より多くの情報を発信することが可能

例えば、被災時に発生した流速を把握できるようになる

京浜河川事務所 浅川特殊防護対策プロジェクト

<https://www.ktr.mlit.go.jp/keihin/keihin00154.html>



H3洪水 日野市新井地先

研究の概要

目的

情報発信の強靱化・高度化による避難行動支援

内容

AIを用いた河川監視カメラの
画像解析による河川水位の抽出

LiDAR搭載ドローンによる
河道の3次元地形計測

水理解析および水理特性データベースの作成

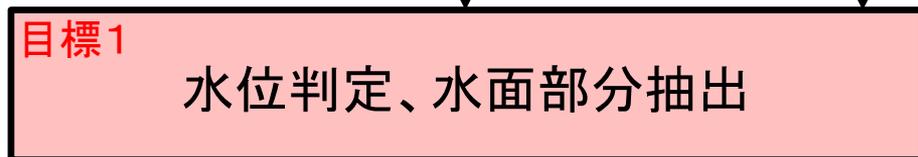
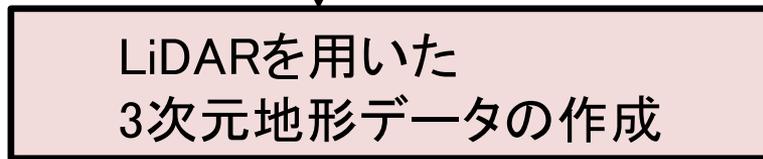
AR(拡張現実)型河川情報の発信

河川監視カメラを活用した拡張現実技術の研究開発フロー

R3



R4

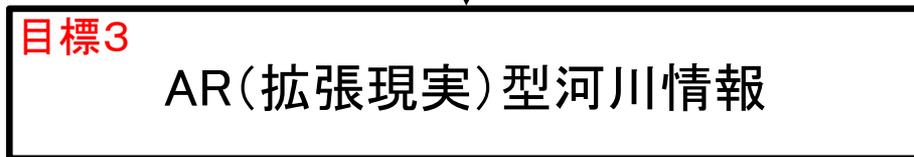


ドローン飛行時の安全を確保し
つつ計測範囲を拡大

水位情報の課題の解消

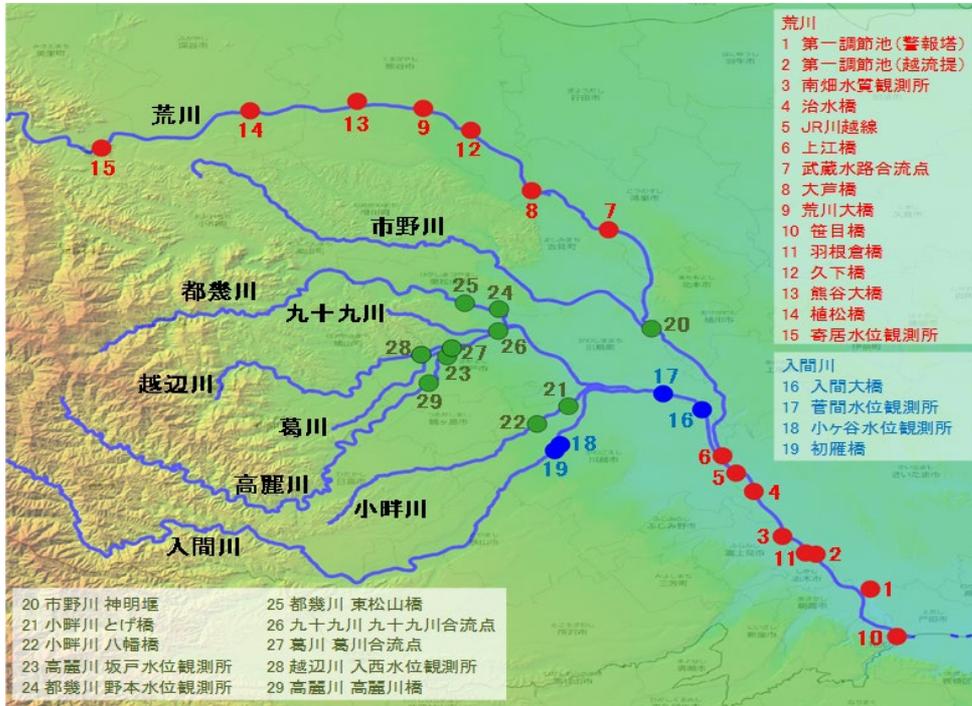
地形データの更新

R5



河川監視カメラの課題の解消

対象地点の選定



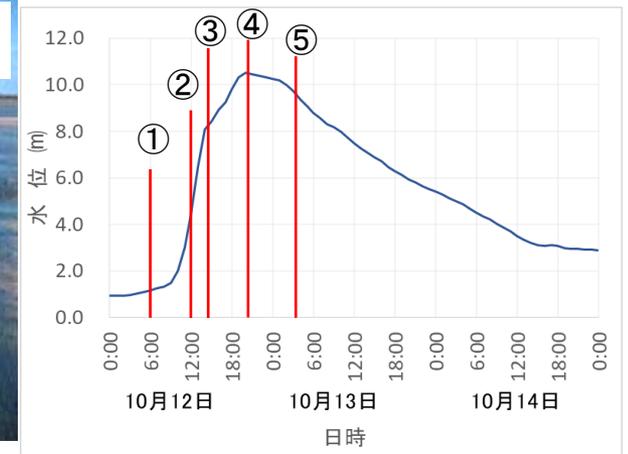
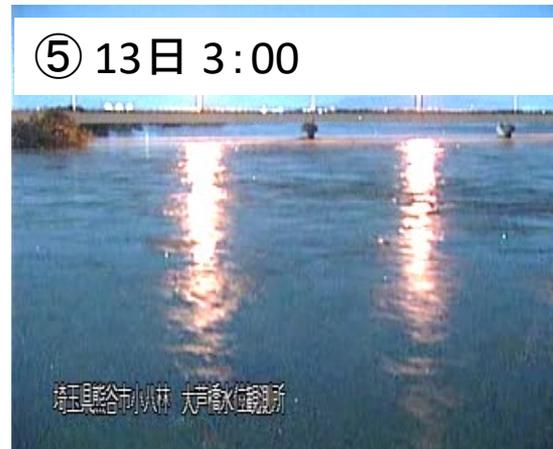
夜間画像の視認性および撮影範囲, 水位データの有無をもとに検討対象としての適合性を評価した.

検討対象としての評価

No	河川	ライブカメラ	所在地	夜間視認性	撮影範囲	水位データ	評価
1	荒川	第一調節池(警報塔)	戸田市重瀬	×	×	×	
2	荒川	第一調節池(越流堤)	さいたま市桜区上大久保	○	○	×	
3	荒川	南畑水質観測所	富士見市南畑新田	○	○	×	
4	荒川	治水橋	さいたま市飯田新田	×	○	○	
5	荒川	JR川越線	川越市古谷本郷	○	○	×	
6	荒川	上江橋	川越市古谷本郷	○	○	×	
7	荒川	武蔵水路合流点	吉見町明秋	○	○	×	
8	荒川	大芦橋	熊谷市小八林	○	○	○	○
9	荒川	荒川大橋	熊谷市榎町	○	○	×	
10	荒川	笹目橋	和光市下新倉	×	○	×	
11	荒川	羽根倉橋	志木市上宗岡	×	○	×	
12	荒川	久下橋	熊谷市久下	×	○	×	
13	荒川	熊谷大橋	熊谷市押切	×	○	×	
14	荒川	植松橋	深谷市川本町本田	×	×	○	
15	荒川	寄居水位観測所	寄居町寄居	○	○	○	○
16	入間川	入間大橋	川越市中老袋	×	○	×	
17	入間川	菅間水位観測所	川越市芳野台	○	○	○	
18	入間川	小ヶ谷水位観測所	川越市小ヶ谷	×	○	○	
19	入間川	初雁橋	川越市の場	×	×	×	
20	市野川	神明堰	川島町東野	○	○	×	
21	小畔川	とげ橋	川越市小坂	×	×	×	
22	小畔川	八幡橋	川越市大字小堤字八幡	×	○	○	
23	高麗川	坂戸水位観測所	坂戸市上吉田	×	○	○	
24	都幾川	野本水位観測所	東松山市下押垂	×	○	○	
25	都幾川	東松山橋	東松山市下押垂	○	○	×	
26	九十九川	九十九川合流点	東松山市正代	×	○	×	
27	葛川	葛川合流点	坂戸市新ヶ谷	×	○	×	
28	越辺川	入西水位観測所	坂戸市沢木	○	×	○	
29	高麗川	高麗川橋	坂戸市中里	○	○	×	

以上の検討に加え、近年の大洪水である2019年10月の画像が保存されてる大芦橋を対象とする。

河川監視カメラ（大芦橋）による動画データについて



カメラは大芦橋下流右岸に設置されている。

上流方向を撮影していることが多い。

増水時には水位が高水敷より高くなり、水際線の判定はできなくなる。

大芦橋の橋脚付近の画像分析により、ある程度の水位判定が可能である。

AIを用いた河川監視カメラ画像からの水位判定

カメラ画像の特徴

水位情報がある72時刻の内、71時刻は定位置（同じ撮影方向）の画像

→ 定位置の画像に対して水位判定を行う

定位置（同じ撮影方向）の画像の例



水位が低い状況 → 水際線で水位を判定

水位が高い状況 → 水面上の橋脚で水位を判定

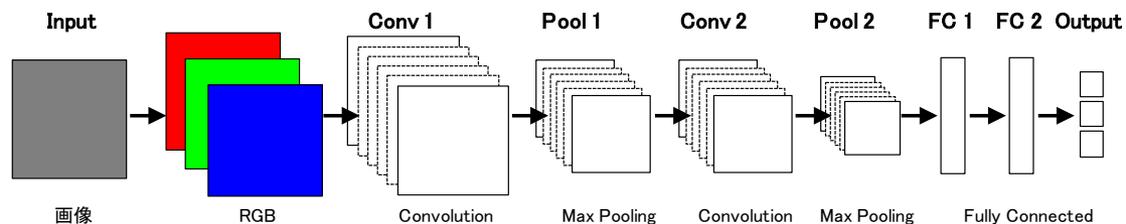
AIを用いた河川監視カメラ画像からの水位判定

(1) 大芦橋の判定

画像の定位置判定および水位が高い状況時の水位判定

大芦橋判定CNN

入力
33×33ピクセル
RGB



出力
1) 橋桁
2) 橋脚
3) その他

判定範囲と教師データ

定位置



判定範囲における橋脚の有無により定位置判定を行う

定位置以外



橋脚周りが水面の場合は、見えている橋脚から水位を判定

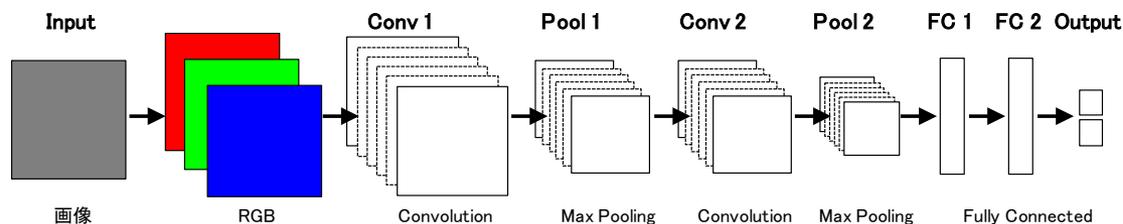
AIを用いた河川監視カメラ画像からの水位判定

(2) 左下部分の判定

水位が低い状況時の水位判定

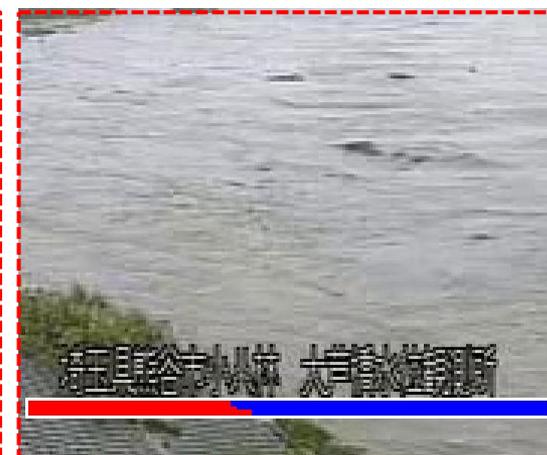
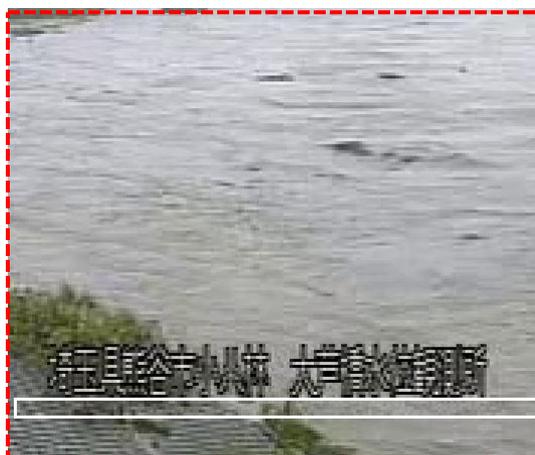
画像左下判定CNN

入力
33×33ピクセル
RGB



出力
1) 水面
2) その他

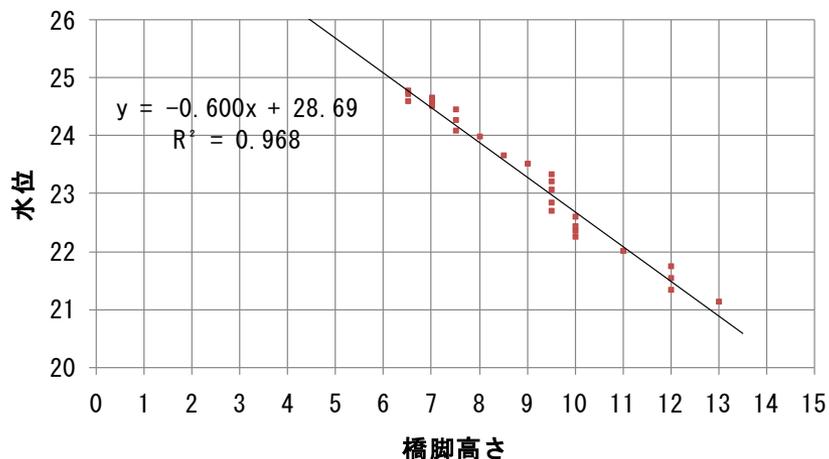
判定範囲と教師データ



水面以外の部分から水位を判定

AIを用いた河川監視カメラ画像からの水位判定

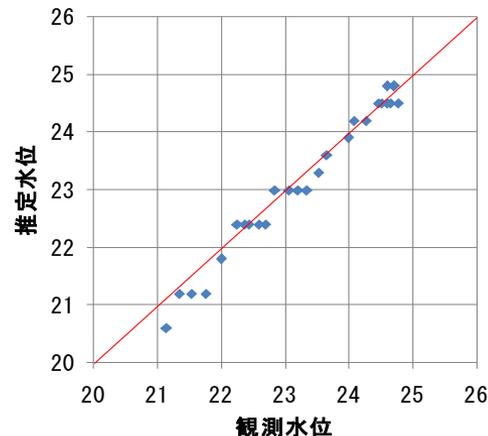
(1) 大芦橋の判定



橋脚高さと水位

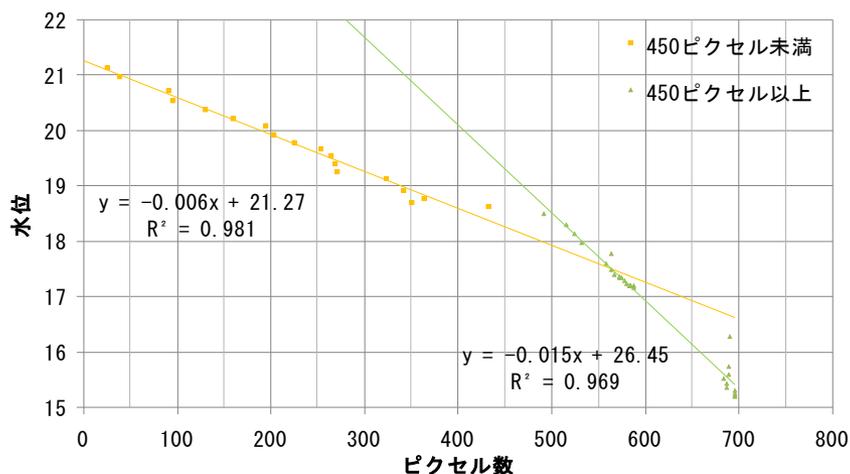
1つの一次式で水位と橋脚高さの関係を表す。1ピクセル60cm

水位推定
A. P. 22m以上
適切に推定
A. P. 22m未満
50cm程度低く推定



水位推定

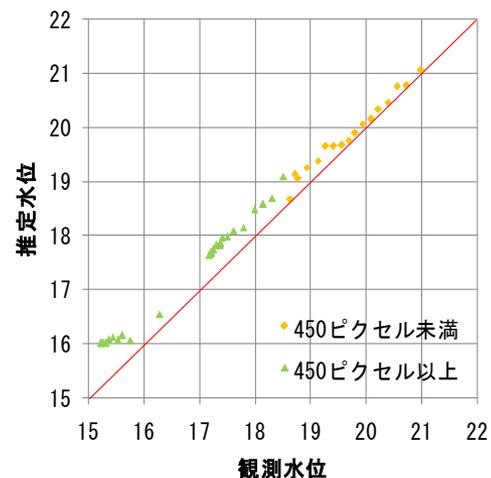
(2) 左下部分の判定



水面以外ピクセル数と水位

2つの一次式を組み合わせて水位と水面以外の関係を表す。

水位推定
A. P. 20m以上
適切に推定
A. P. 20m未満
50cm程度高く推定



水位推定

LiDARを用いた3次元地形データの作成

大芦橋河川監視カメラ付近の地形計測
大芦橋から荒川水管橋の区域を計測



現地調査日程と内容

2022年12月9日

ドローンによる空中写真測量

2023年3月14日

DJI社製LiDARによる点群計測

空中写真測量



LiDAR搭載ドローン



現地調査 12月9日(快晴) 風速 1~2 (m/s)

ドローン空撮による地形調査



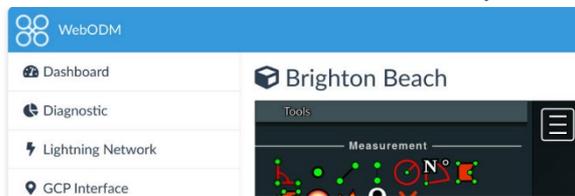
ドローン操作画面(他社製ソフト(改造))



大芦橋観測所付近の計測



空撮画像データ(約300枚)



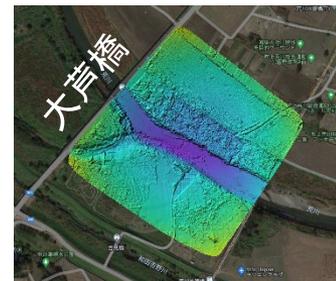
ソフトウェアの変更
Recap Pro → WebODM
処理枚数の増加
測量精度の向上



オルソ画像



地形モデル



令和5年度に拡張現実用データとして利用

現地調査 3月14日(晴) 風速 1~2(m/s)



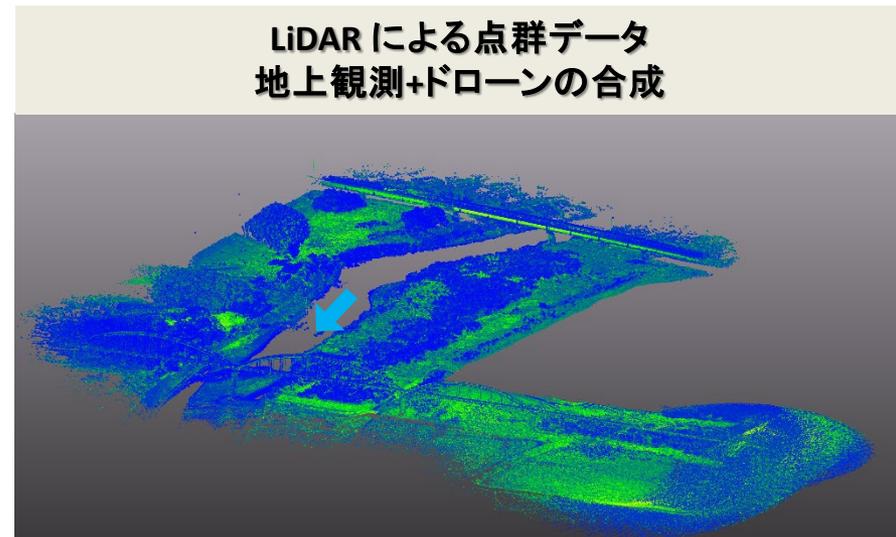
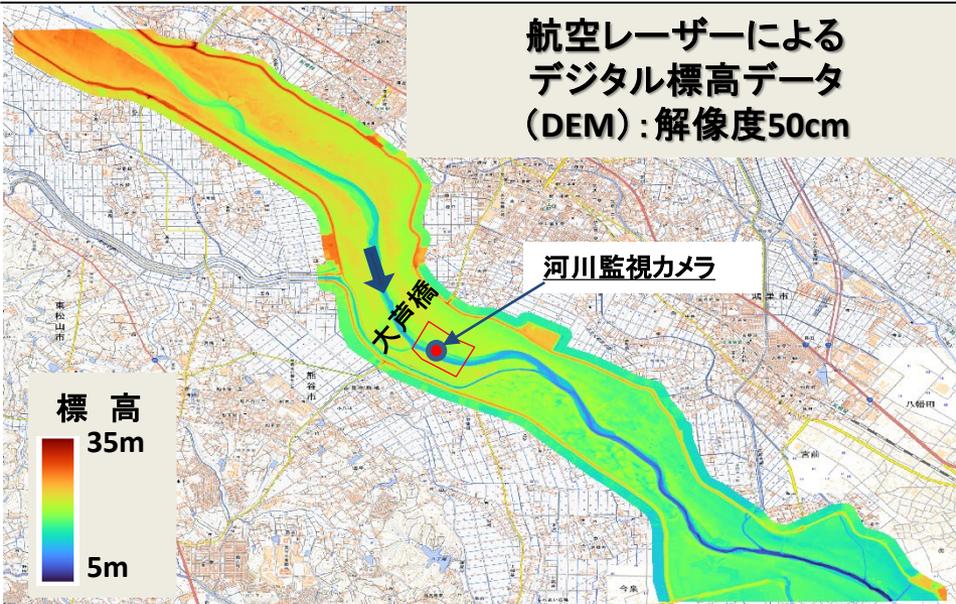
大芦橋付近の点群データ(RGB情報あり)



DJI社製 LiDARによる計測

- ・3次元座標+RGB情報
- ・専用制御ソフトにより計測精度、作業効率が向上
- ・1フライト(約20分)で、約0.25Km²の測定
- ・安全を確保しながら、計測範囲の拡大、異なる季節データの拡充が課題

LiDARによる点群データとの重ね合わせ



DEM (50cm) と点群の合成



水理解析およびデータベース化

(1) 水理計算

水理計算ソフト

iRIC3.0.19, Nays2DFlood v5.0
二次元不定流計算

水理計算の範囲

荒川の水位観測所
大芦橋観測所のみ

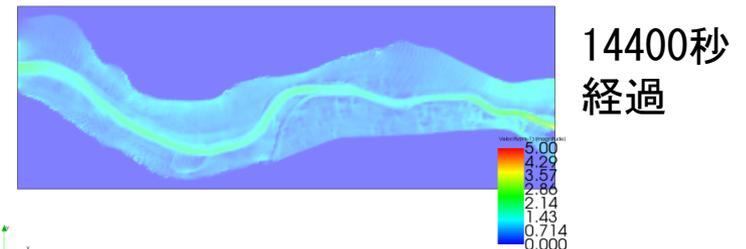
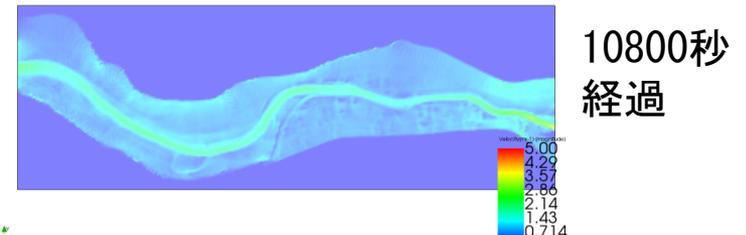
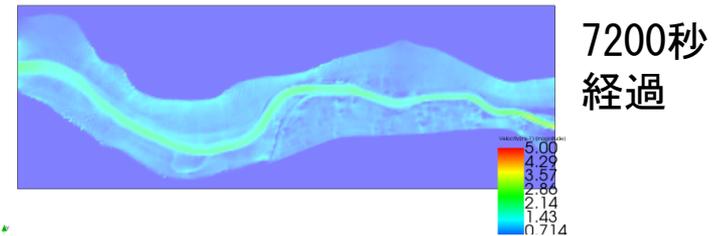
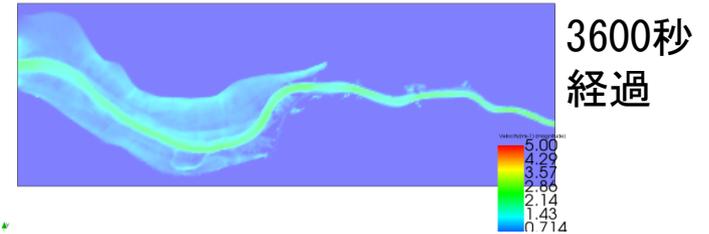
下流端境界条件
自由流下に設定

大芦橋より下流方向
の計算範囲を大きく
設定 (2160×6200m)
大芦橋付近の流れを
適切に表現

地形データ
国土地理院5mDEM
を用いて10m矩形
格子を作成



経過時間による流速の変化



流入量を一定の条件で計算
時間経過に伴い定常的な流れとなる
→ 定常時の流れを把握する

水理解析およびデータベース化

(2) 水理計算の妥当性

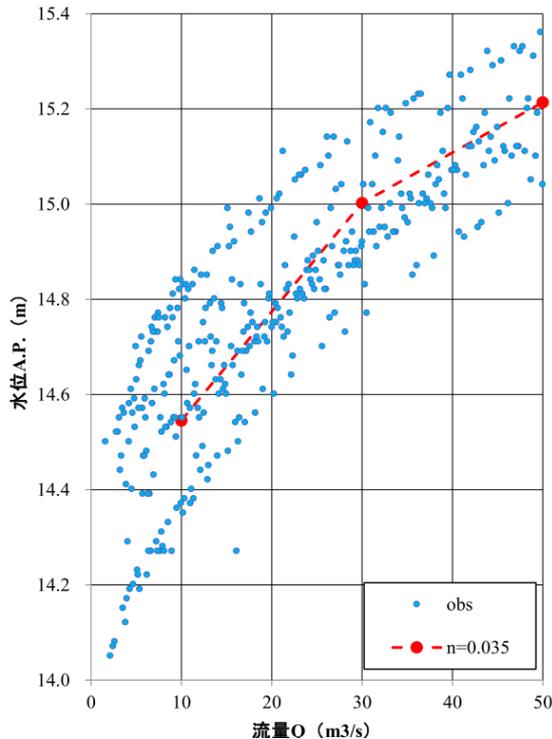
粗度係数 n

- ・ 低水路下部 : 0.035¹⁾
- ・ 低水路上部および高水敷 : 0.100、0.060²⁾

文献・資料

- 1) 荒川上流河川事務所 : R2 荒川上流水理解析検討業務, 2021.
- 2) 田中徹, 桑村貴志, 阿部修也 : 河川に繁茂する樹木群落が洪水流に与える影響について, 平成17年度技術研究発表会, 2006.
- 3) 水文水質観測所情報 (大芦橋), 水文水質データベース
- 4) 国土交通省 関東地方整備局 : 荒川における新たな流出計算モデルについて, pp.247-249, 2015.

低水の再現性



水収支

	期間開始	期間終了	流出率
洪水 1	2019/10/10 22:00	2019/10/16 23:00	0.68
洪水 2	2007/9/4 19:00	2007/9/11 11:00	0.58
洪水 3	2001/9/8 16:00	2001/9/15 16:00	0.72
洪水 4	2017/10/18 22:00	2017/10/27 7:00	0.68
洪水 5	2002/7/9 13:00	2002/7/15 4:00	0.53
洪水 6	2015/9/6 13:00	2015/9/15 4:00	0.75
洪水 8	2002/9/30 3:00	2002/10/5 23:00	0.51
洪水 10	2019/10/21 18:00	2019/10/29 21:00	0.81
洪水 9	2016/8/15 14:00	2016/8/27 0:00	0.51
洪水 7	2016/8/27 1:00	2016/9/4 1:00	
全期間	2001/1/1 1:00	2021/1/1 0:00	0.51

月表³⁾の水位・流量と同程度

洪水時の流出率⁴⁾ : 0.51~0.81

水理解析およびデータベース化

(3) データベース

観測所水位に応じた流量および各地点の水深、流速（x方向、y方向）をデータベース化

→ 観測所水位が分かれば、流量および水深、流速を示すことができる

流速（x方向）のデータベース一部

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	I
1	-	-	-	Depth	8.193	8.20084	8.20868	8.21652	8.22436	8.2322	8.24004	8.24788	8.25572	8.2
2	-	-	-	AP	22.141	22.14884	22.15668	22.16452	22.17236	22.1802	22.18804	22.19588	22.20372	22.2
3	-	-	-	n_low	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	
4	-	-	-	n_high	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
5	-	-	-	Q_main	1500	1505	1510	1515	1520	1525	1530	1535	1540	
6	-	-	-	Q_sub	75	75.25	75.5	75.75	76	76.25	76.5	76.75	77	
7	I	J	X	Y	Velocity(m)									
27559	228	45	2275	445	3.438706	3.438195	3.437684	3.437173	3.436662	3.436152	3.435641	3.43513	3.434619	3.43
27560	229	45	2285	445	3.34843	3.347921	3.347412	3.346903	3.346395	3.345886	3.345377	3.344868	3.344359	3.34
27561	230	45	2295	445	3.189313	3.188862	3.188412	3.187961	3.18751	3.187059	3.186608	3.186157	3.185706	3.18
27562	231	45	2305	445	2.95787	2.957618	2.957366	2.957115	2.956863	2.956611	2.956359	2.956108	2.955856	2.95
27563	232	45	2315	445	2.708988	2.708891	2.708795	2.708698	2.708602	2.708505	2.708409	2.708312	2.708216	2.70
27564	233	45	2325	445	2.441363	2.441334	2.441306	2.441278	2.44125	2.441222	2.441194	2.441166	2.441138	2.44
27565	234	45	2335	445	2.114185	2.114349	2.114513	2.114677	2.114841	2.115005	2.115169	2.115332	2.115496	2.11
27566	235	45	2345	445	1.781599	1.782135	1.782672	1.783208	1.783745	1.784281	1.784818	1.785354	1.785891	1.78
27567	236	45	2355	445	1.483235	1.484089	1.484942	1.485795	1.486648	1.487502	1.488355	1.489208	1.490061	1.48
27568	237	45	2365	445	1.216182	1.217176	1.218169	1.219162	1.220156	1.221149	1.222142	1.223135	1.224129	1.22
27569	238	45	2375	445	0.991205	0.992261	0.993317	0.994373	0.995429	0.996485	0.997541	0.998597	0.999653	1.00
27570	239	45	2385	445	0.780788	0.781948	0.783109	0.784269	0.78543	0.78659	0.78775	0.788911	0.790071	0.78
27571	240	45	2395	445	0.588808	0.59014	0.591471	0.592803	0.594134	0.595466	0.596798	0.598129	0.599461	0.60
27572	241	45	2405	445	0.457057	0.458405	0.459754	0.461103	0.462452	0.463801	0.465149	0.466498	0.467847	0.46
27573	242	45	2415	445	0.365753	0.367014	0.368276	0.369537	0.370798	0.37206	0.373321	0.374582	0.375843	0.37
27574	243	45	2425	445	0.287422	0.28857	0.289717	0.290865	0.292013	0.293161	0.294308	0.295456	0.296604	0.29
27575	244	45	2435	445	0.232543	0.233513	0.234483	0.235454	0.236424	0.237395	0.238365	0.239336	0.240306	0.24

流量・流速のリアルタイム把握

監視カメラ画像



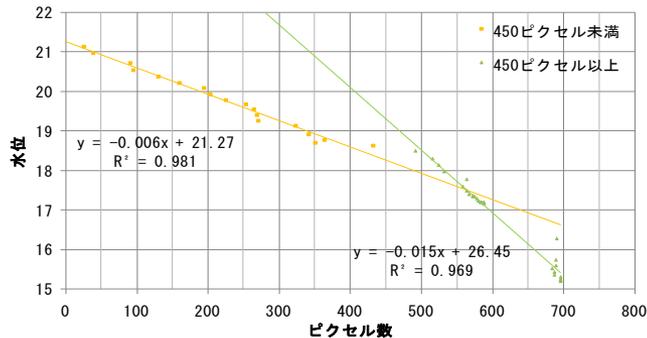
流れ表示の範囲



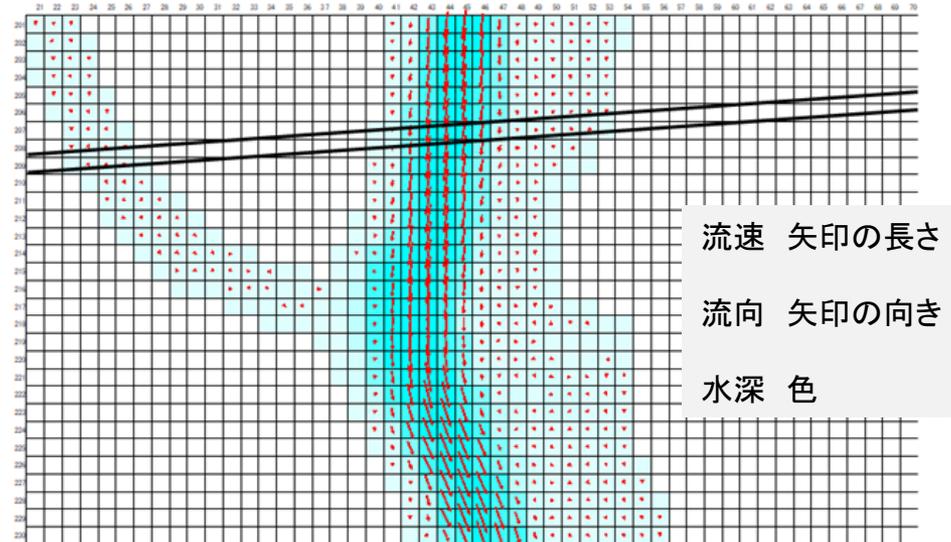
水位判定

- ・橋脚高さ: 1.25ピクセル → カメラ定位置
- ・護岸部面積: 356pics
- 水位: A.P.19.134m
- ・データベース参照

水位: A.P.19.134m → 流量: 620m³/s



流れ表示の例



UNREALによる拡張現実型河川情報の作成

・ゲームエンジンについて

視点移動を自由に十人を配置でより周辺の情報をわかりやすく

➡ ゲームエンジンを利用することで、開発をより効率的にするとともに表現の幅を広げる。



UNREAL ENGINE

Epic Games



・ゲームを作るソフト

キングダムハーツ3
ドラゴンクエストXI
フォートナイトなど

機能の一部

3Dモデルのインポート マテリアル(質感)の作成
アニメーション プログラミング
エフェクト カットの作成や編集
レンダリング パッケージ化

UNREALによる拡張現実型河川情報の試作

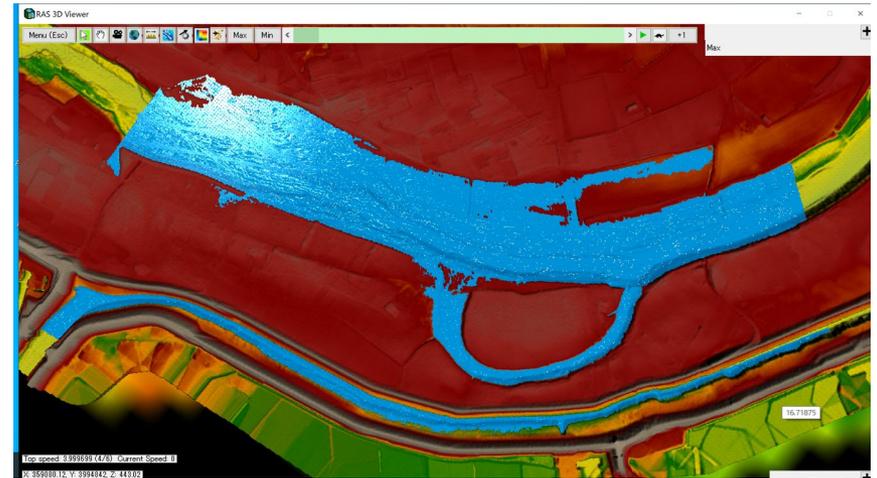
・使用データと組み込む機能

✓使用データ

点群データ(大芦橋)

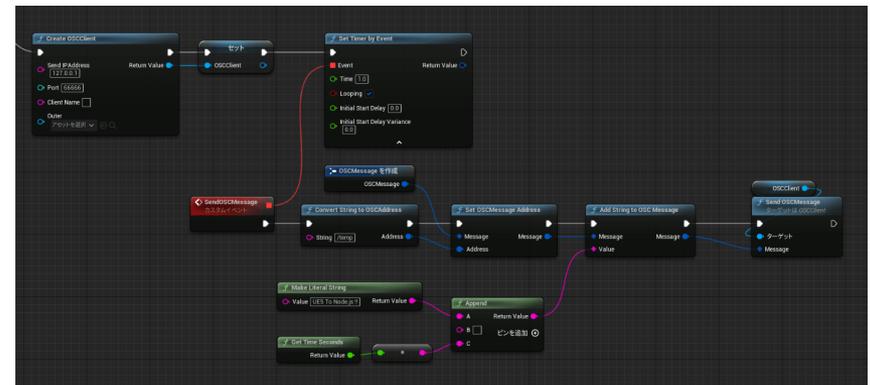


水理解析結果(動画)



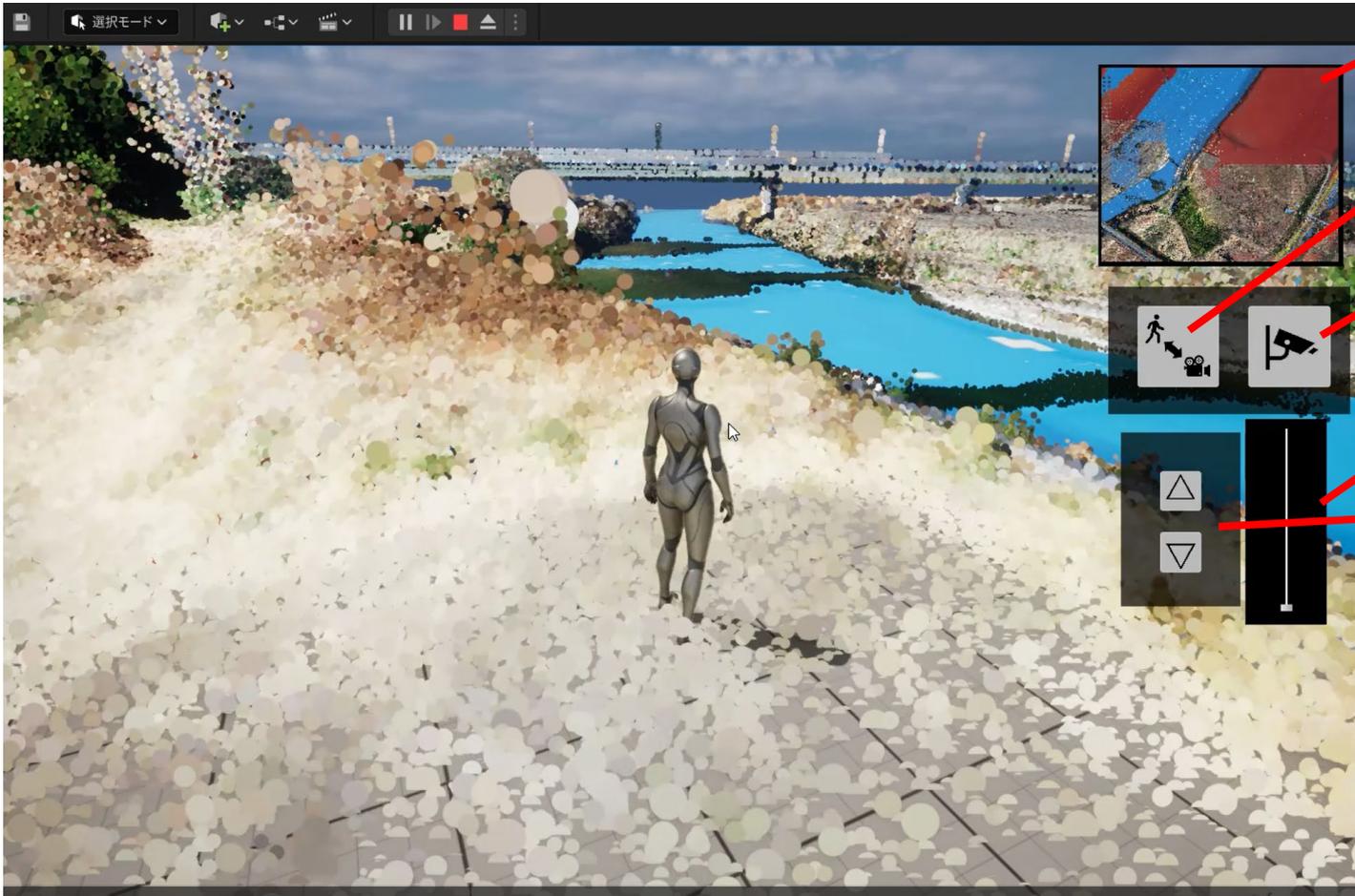
✓組み込む機能

- ・自由に操作できる人型のキャラクター
- ・独立して動くフリーカメラ
- ・河川監視カメラと同じ位置にあるカメラ
- ・水位の変動
- ・ミニマップ



UNREALによる拡張現実型河川情報の作成

・試作版の操作方法



ミニマップ

フリーカメラ切り替え

河川監視カメラ

水位調整

カメラ上下移動

マウス(左クリック時)
視点移動

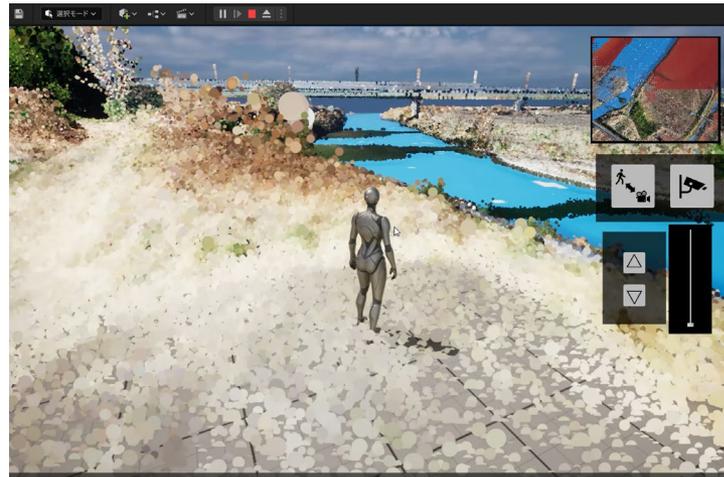
移動
WSAD

動画へ

UNREALによる拡張現実型河川情報の作成

・今後の追加機能と改善点

- ✓ 現在の水位の値や氾濫危険水位などの表示
- ✓ スタート画面や操作説明などの追加
- ✓ 周辺のテクスチャや構造物などの作成



✓ 水理シミュレーションの改善

- ・より高解像度のシミュレーションへ
- ・水理解析結果に基づいた水位変動機能を追加
- ・時刻、水深、流量などの情報を追加

✓ UI(ユーザーインターフェース)の改善

- ・確認しやすいミニマップ
- ・防災情報の追加

これまでの成果（これから修正）

- 1) 河川監視カメラ画像を入力し、画像認識AIと水理計算データベースにより、流量・流速のリアルタイム表示を行った。
- 2) ドローンにLiDARを搭載し、大芦橋河川監視カメラ付近の3次元地形データの作成を行った。

これまでの課題

- ・ 水位推定の精度向上
- ・ ドローン飛行時の安全を確保しつつLiDARによる計測範囲の拡大

令和5年の実施計画

- 1) 航空測量データおよびLiDARを用いた新しい地形情報を反映させた水理計算を行い、データベースを更新する。
- 2) AR（拡張現実）型河川情報を利用して作成する仮想カメラ画像を用いて、画像認識AIの学習を行う。