



実測・予測河川水位のリアルタイムVR可視化

一般財団法人河川情報センター 河川情報研究所

研究第3部 銭 潮潮



背景



社会資本整備審議会答申 (2015)

「市町村や住民に災害発生に関する切迫度が上昇していく状況が効果的に伝わるよう、(中略) **切迫度等を分かりやすく伝える仕組みを整備すること**」
 「氾濫の切迫度をリアルタイムで伝えることができるような **水位情報提供システム等の開発を進めること**」

社会資本整備審議会答申 (2018)

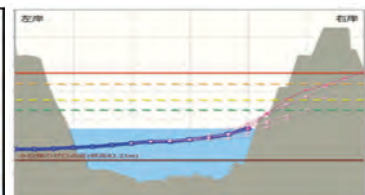
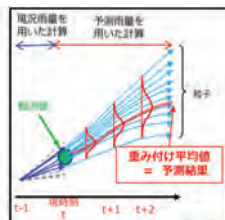
「**洪水予報の高度化**」
 「**洪水予測や水位情報の提供の強化**」

運用中



【水位予測の高精度化のための導入技術】

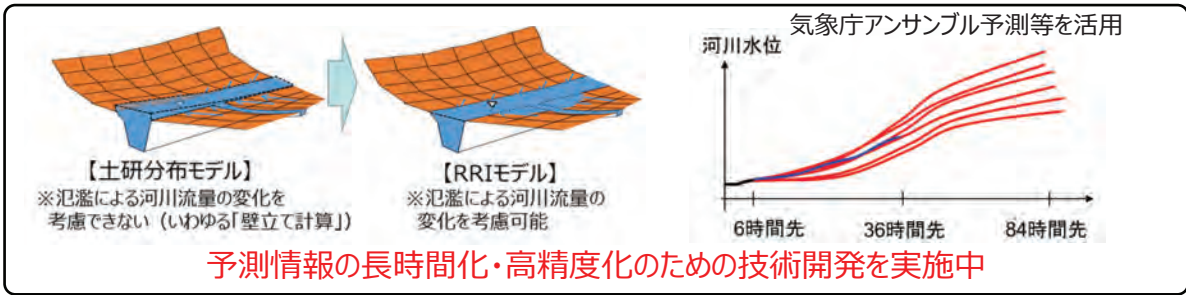
- ・粒子フィルタ(予測モデルを観測値に同化させる技術)
- ・カスケード同化 (計算量を縮減する技術)
- ・水位計算精度の良い河道モデルの導入



水位情報の表示

背景

水害リスクライン (開発中)



内閣府 令和3年7月からの一連の豪雨災害を踏まえた避難に関する検討会報告(2022)

「災害の切迫感や臨場感の伝達不足」等から「**避難情報が発令されても、住民が適切に避難行動をとれていないのではないかと**

水害リスクラインも**災害の切迫感や臨場感をより分かりやすく市町村や住民に伝えるための改善が必要**

DX (デジタル・トランスフォーメーション) に伴う3次元地形データや5Gによる通信環境改善の動向を見据え、水害リスクラインの追加機能として**VR (仮想現実) 技術を活用した河川水位の3次元表示の技術を開発**

2

河川水位情報の3次元表示に関する予備調査

①河川水位情報3次元表示の避難への有効性

災害の切迫感・臨場感を防災デジタルに関する技術を活用して地域住民に伝える事例

既往研究



柿本ら (2020)

- アンケート結果と災害時の不安度モデルの分析から、**災害の切迫感・臨場感ある現場状況の視認が住民の不安感を増し、避難行動を促進したと推察**
- 住民の不安度が高まる時間帯は、被害が広まっており、安全に避難できる時間ではないことも指摘**

藤村ら (2019)

- VRを用いた避難実験により、**率先避難者や増水の視認に避難誘導効果があることを確認**

- 「令和3年8月の大雨の際には、約1万件/月のアクセスがあり、災害に関する臨場感あふれる情報を多くの住民に伝達」

➡ **住民が危険箇所の映像を確認したいニーズがある**

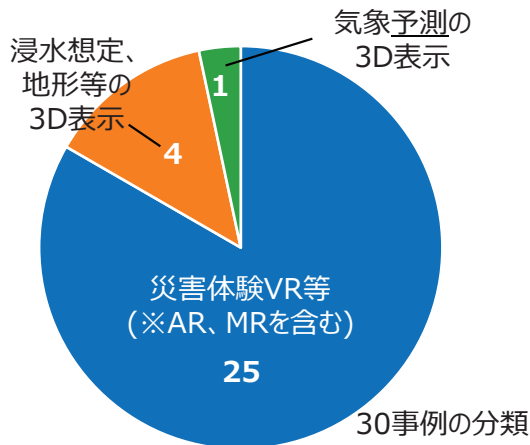
河川予・実測水位情報の3次元表示は

- 避難行動促進に繋がる**
- 避難困難となる前に災害の危険性を切迫感・臨場感をもって住民に伝える利点がある**

3

河川水位情報の3次元表示に関する予備調査

② 水防災分野でのVR技術の活用事例



国内外の水防災分野におけるVRを用いた避難行動促進を目的とした既往研究・事例の分類

- ・予測情報を3次元表示する事例は、航空機の安全かつ効率的な運航の実現を目的としたもののみ

➡ 予測・実測水位情報をVR技術で3次元表示する取組みは見られない

③ 3次元データの収集可能性



3次元管内図の事例（荒川12KP付近）

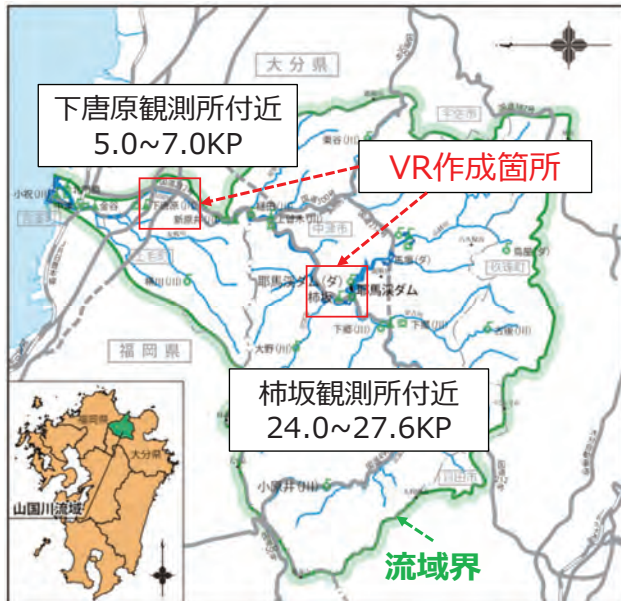
<https://www.youtube.com/watch?v=Mvg0P6X632o>

- ・全1級水系で3次元管内図が整備予定
- ・Project PLATEAUにより都市モデルが全国展開される予定

➡ 開発に必要な3次元データは今後整備が進む

VR作成対象流域の概要

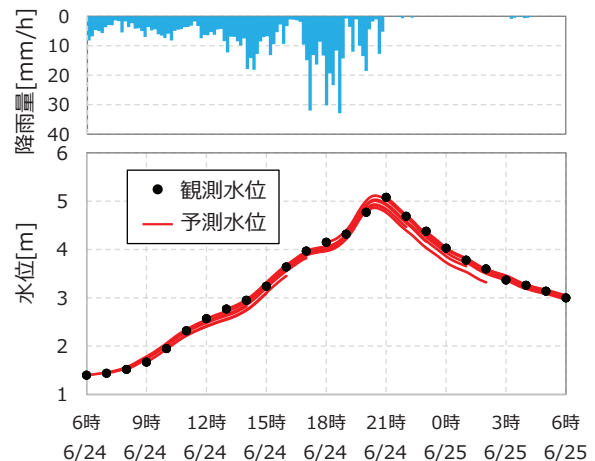
1級水系山国川



山国川水系流域図
(山国川河川事務所HPより引用・加筆)

流域面積：540.0km²
幹川流路延長：56km

水位予測シミュレーション事例（下唐原地点）



河川水位について精度良く予測できている

3D管内図・3D都市モデルが未整備であるため、地上カメラ撮影とドローン撮影により写真画像を収集

ドローン撮影写真

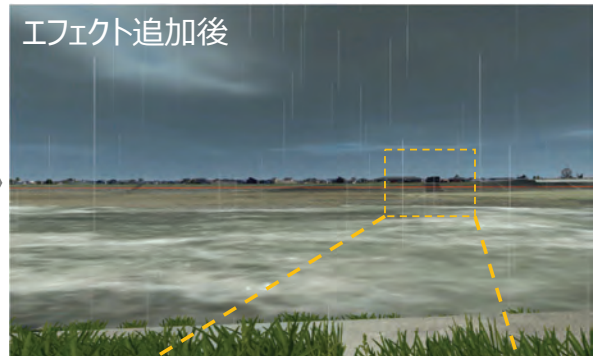


地上カメラ撮影写真



技術開発にあたっての留意点

- ① エフェクト（切迫感・臨場感を高める視覚上の効果）
- ② 操作性（情報表示の迅速さ）
- ③ アクセシビリティ（様々な機器、OSに対応可能か）



藤村ら（2019）のVR避難実験結果：
「河川の濁りが顕著」に視認できる時間帯で避難率が上昇

臨場感に関するエフェクト

- ・水面の濁り（水位に応じて変化）
- ・水面の揺動（流速、水しぶき）
- ・曇天
- ・降雨（実測・予測雨量に応じて変化）

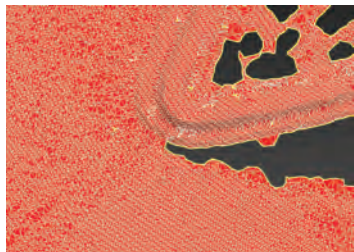


拡大

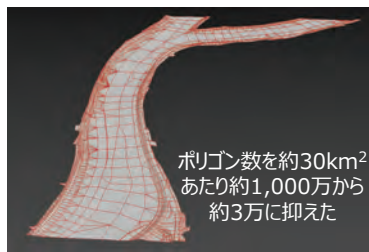
技術開発にあたっての留意点

- ① エフェクト（切迫感・臨場感を高める視覚上の効果）
- ② 操作性（情報表示の迅速さ）
- ③ アクセシビリティ（様々な機器、OSに対応可能か）

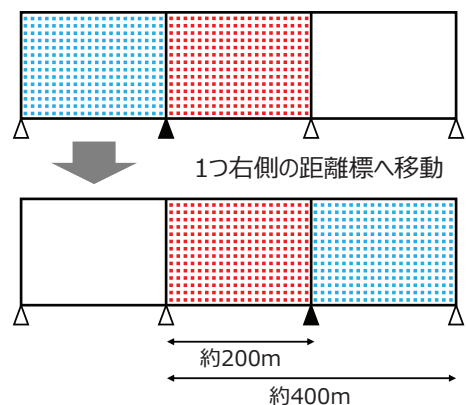
オリジナルのLPデータから直接作成した
3次元地形メッシュ



リトポロジーを行った
3次元地形メッシュ



リトポロジー：形状に合わせた面の張り直し作業
（複雑な形状の箇所はポリゴン数を多く、形状変化の少ない箇所はポリゴン数を少なくする工夫）



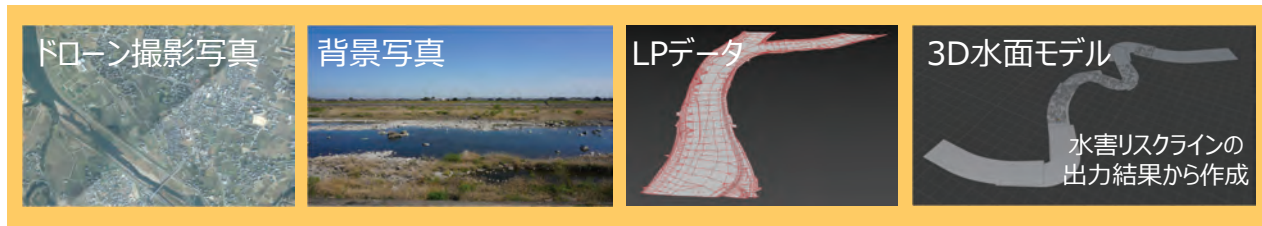
距離標間で重複するデータ(赤点)は
画面切替え時に再度読み込まない工夫

データ量 (Byte) が1/500程度となり、データ伝送効率と表示効率の両方が向上し、1画面あたりの描画にかかる時間は約1分から約0.1秒に短縮

画面切替時の表示負荷の軽減

技術開発にあたっての留意点

- ① 操作性（情報表示の迅速さ）
- ② エフェクト（切迫感・臨場感を高める視覚上の効果）
- ③ アクセシビリティ（様々な機器、OSに対応可能か）



入力



マルチプラットフォーム対応のゲームエンジン「Unity」でVR環境を開発

出力



WebGL形式で出力
(PC・スマートフォンから操作可能)

河川水位情報の3次元表示技術の開発

ボタンクリックで左右岸の切替え

ボタンクリックで表示地点の上流/下流の距離標へ移動

マウสดラッグで視点の変更
マウスホイールでズームイン/アウト

スライダ操作で表示時刻(現況、○時間先)の切替え

スライダ操作で距離標の移動

山田川 ● 左岸視点 ● 右岸視点

マウสดラッグで、視点を操作可能
マウスホイールで、ズームイン、ズームアウト操作可能

下流へ 5K800 上流へ

最新予測時刻
2022/02/03 10:00

氾濫危険水位
避難判断水位

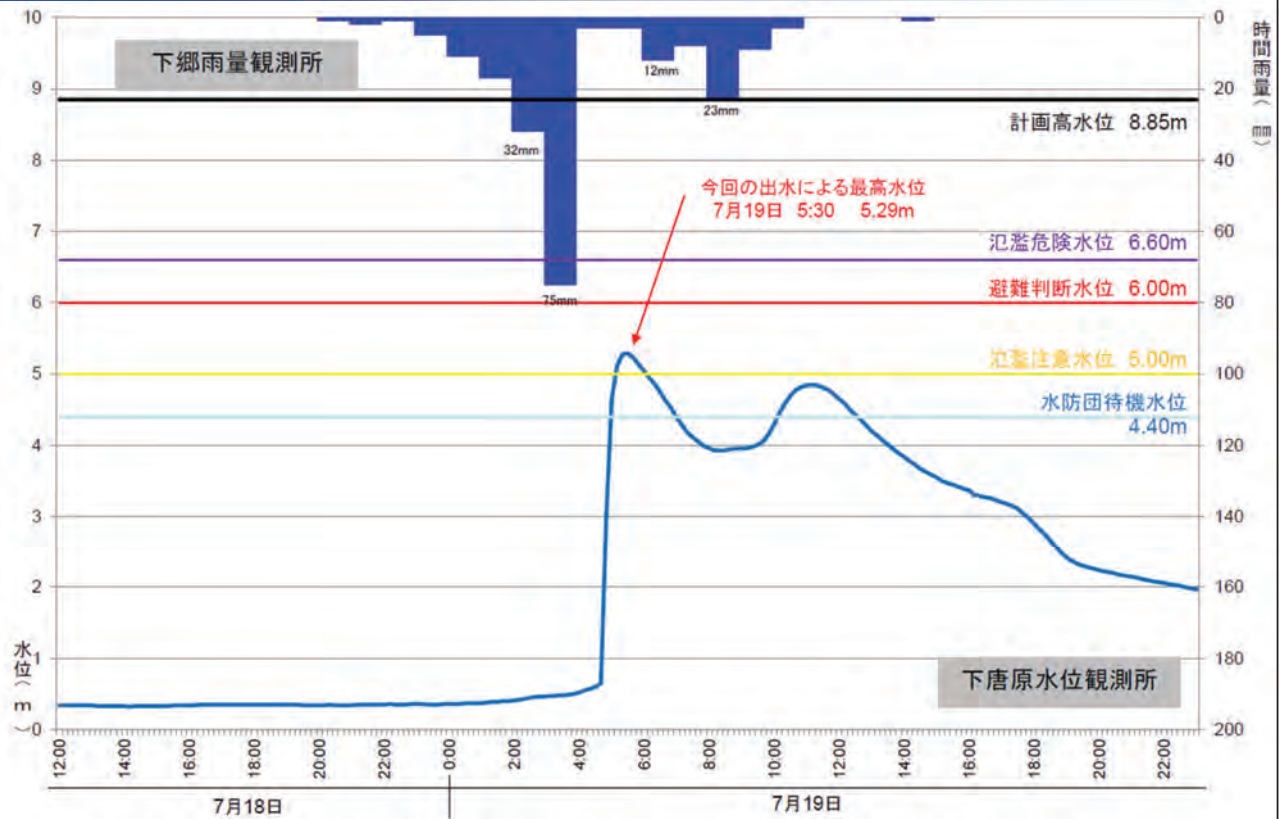
表示水位

18.3 m 堤防天端
16.2 m
15.8 m
13.1 m (河川水位)

時間 ● 現況 3時間後 6時間後

距離標 5K000 6K000 7K000 8K000 9K000 10K000 11K000 12K000 13K000 14K000 15K000 16K000 17K000 18K000 19K000 20K000 21K000 22K000 23K000 24K000 25K000 26K000 27K000 28K000

河川水位情報の 3次元表示技術の開発



2022年7月19日洪水下唐原水位観測所地点の水位ハイドロ (九州地整データより加筆)

10

河川水位情報の 3次元表示技術の開発

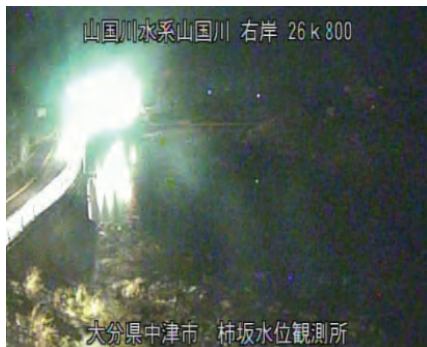


11

河川水位の3次元表示の利点と課題

①災害の切迫感・臨場感伝達以外の利点

CCTVカメラ（橋梁より下流位置）



3次元表示（橋梁より上流位置）



夜間同時刻での比較（2022/3/21 20:50 山国川26.8KP付近）

- ・夜間や風雨等により、河川巡視やCCTVカメラによる現地状況の確認が困難な場合でも、3次元表示では河川水位の状況が視認可能
- ・CCTVカメラは現況のみの確認であるが、3次元表示では6時間先までの予測を表示可能
- ・CCTVカメラの画角が固定されている場合でも、3次元表示は自由に画角やズーム変更、CCTVカメラ未設置箇所への切替表示が可能

12

河川水位の3次元表示の利点と課題

②エフェクトに関する課題

- ・3次元表示では、平常時においても水面の濁りや荒天の映像が表示される
 - ➡ 平常時用のエフェクト（晴天、水しぶきなし等）を作成し、平常時と洪水時でエフェクトを切り替えるといった工夫が必要
- ・これらエフェクトが災害の切迫感・臨場感に及ぼす効果の測定・評価する必要がある
 - ➡ 河川事務所の協力を得て、住民避難に関係する自治体の担当者や水防団員等から意見を収集する
- ・河道地物（堤防、橋等）の視認性向上によるリアリティ向上 ➡ SfM-MVS解析
- ・洪水時の洪水流の音 ➡ 実装は可能だが、地点ごとの特性についての検討が難

③河川水位予測精度や災害時の情報伝達上の課題

- ・予測情報が実態と大きく乖離した場合における住民への影響に関する懸念
 - ➡ 水位観測所等の一定の水位予測精度が確認できる区間に3次元表示を限定する等の検討
- ・災害時のアクセス集中によるサーバーダウン等の障害の懸念
 - ➡ 3次元表示対象箇所の限定や、データ量・映像時間を限定した切り抜き動画の出力機能の追加等の検討

13

堤防や橋のリアリティ向上例（既存）



堤防や橋のリアリティ向上例（SfM-MVS解析）



SfM-MVS解析用の写真撮影



70%~80%のオーバーラップ率で撮影された写真を用いることで、効率よく撮影、解析が可能。

16

まとめ

水害リスクラインの追加機能として、VR技術を活用した河川の予測、実測水位をリアルタイムでVR空間で表示する技術を開発した。

- ・河川水位の予測、実測情報の3次元空間でのリアルタイムVR表示は前例がない一方、DXにより同表示に必要な3次元の地形・画像データが入手可能となる環境が整備される。
- ・開発にあたっては、操作性を高めるために3次元地形データ量を1/500程度に抑える情報処理の工夫や、災害の切迫感・臨場感を高めるための各種エフェクトの設定を行った。
- ・動作確認等を行った結果、CCTVカメラによる視認が困難な夜間等においても水位情報の確認が可能となる利点があることが分かった。

課題

- ・一方で、平常時でも洪水時のようなエフェクトが視認されることや、よりリアリティのあるテクスチャの実装、予測と実態乖離した場合の住民への影響、アクセス集中によるサーバダウンの懸念があること等の課題があることが分かった。

17