

VR技術を活用した河川堤防点検コンテンツについて

甲斐 誠生¹・植西 清²・長坂 美和³

^{1,3}九州技術事務所 防災・技術課 (〒830-8570 福岡県久留米市高野1丁目3番1号)

²筑後川河川事務所 九州北部豪雨復興センター (〒838-1511福岡県朝倉市杷木池田483番地1)

VR（バーチャルリアリティ）技術はいろいろな業界で活用されているが、建設業界においても建設現場作業員への安全訓練やBIM/CIM分野等に活用され始めている。本研究は河川堤防点検を効率よく効果的に学べるようVRを活用した研修ツールを検討しており、実際の研修において試行した結果を踏まえ製作したVRコンテンツについて紹介する。

キーワード DX, VR, 維持管理

1. はじめに

九州技術事務所では様々な研修を実施しているところであるが、その中には河川保全技術研修、河川管理研修など河川管理者として維持管理するための研修も実施されている。河川の維持管理に対する社会情勢が変化し、変状を発見・対応するために、点検・評価技術の向上のニーズが高まる中、経験の浅い技術者でも河川管理施設の状態を適切に把握・評価し対応スキルを身に付けることが求められている。全国の整備局が堤防実モデルの構築を進めており、九州では、平成29年度より検討を開始し、昨年度完成した。そして、堤防実モデルでは再現できない内容や不可視部分の確認、破堤体験ができるようVRコンテンツ（図－1）を作成した。



図－1 VRコンテンツ

(1)点検シミュレーターコンテンツ

・点検モード

仮想空間内に堤防や樋門、特殊堤等の河川構造物に発生する変状を再現しHMD(ヘッドマウントディスプレイ)を通して、制限時間内に変状を探し点検を行うコンテンツである。

図－2に点検モードを体験している様子を示す。変状を発見するとピクトグラムがポップアップする仕様となっている。終了時には図－3の通り、結果が一覧表示される。一つの変状から関連する変状を想像できるほど効率よく変状を見つけることができるようになり、本コンテンツを通じ変状の関連性を学ぶことで点検技能向上が図れる仕組みである。



図－2 点検モード画面

2. 作成したVRコンテンツ

VRコンテンツは、①点検シミュレーターコンテンツ
②破堤体験コンテンツ、③変状発生機構学習コンテンツの3種類を作成した。

樋門点検シミュレーター		VRモード	
函体等の破損	× 2 / 4	継手の変形	× 3 / 4
門柱の破損	× 0 / 1	堤防のクラック	× 2 / 2
函体の過大な沈下	× 1 / 2	土砂堆積	× 1 / 1
翼壁の破損	× 2 / 2		
合計:		11 / 16箇所	

図－3 点検モード終了時画面

点検モード体験後、体験者・講師の振り返りのため、変状の再現位置(図-4)や、変状に至った要因(図-5)等を示した解説モードを作成した。また、変状の発生要因や点検の際の着目点を解説しており、受講生自身で見つけられた変状、見落とした変状それぞれを確認し、実際の点検へ生かすことを目的として作成したものである。

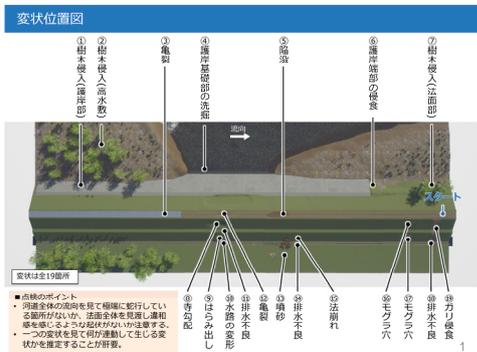


図-4 変状位置図

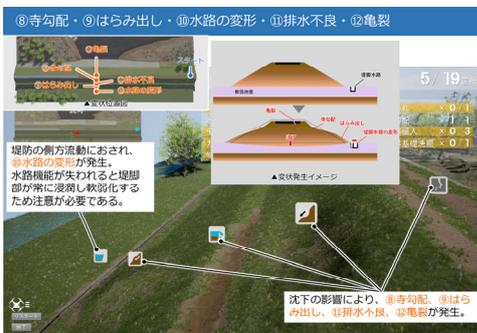


図-5 変状に至った要因

・練習モード

VRコンテンツを操作する方法としてデスクトップモードとVRモードがある。特にVRの経験がない場合操作に慣れず、本来体験してもらいたい研修を十分に体験できないこともあるため、操作に慣れるための練習モードを作成した。VRモード操作方法に慣れるための練習モードの一部を図-6に示す。移動方法や変状の選択方法等をナレーションで説明しており、VRの操作に慣れることができる。

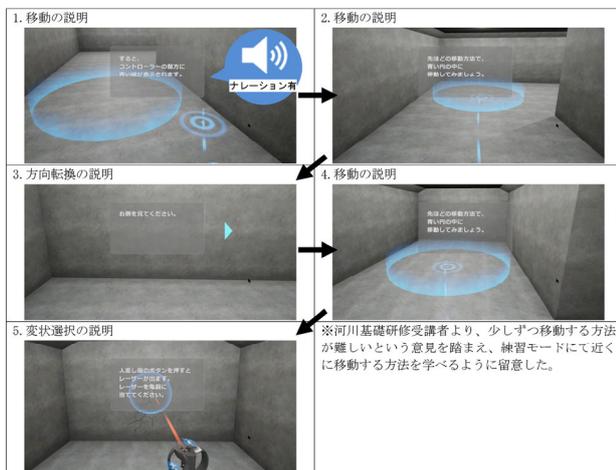


図-6 練習モード画面

(2)破堤体験コンテンツ

作成している破堤体験コンテンツは洗掘破堤体験、越流破堤体験浸透破堤体験の3種類(図-7)である。

変状から破堤に至る過程を仮想空間内に再現し、疑似体験するコンテンツである。動画形式のため基本的に操作は不要である。

点検技術向上だけでなく、変状からどのような破堤に結びつくか学ぶことで変状の重要度(軽重)判断と点検・評価後の対策を想定する技能を習得する。

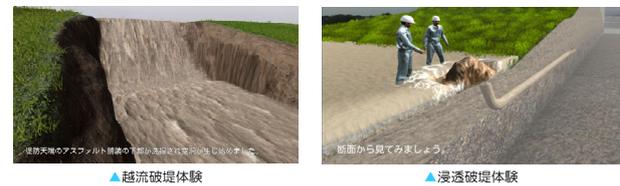
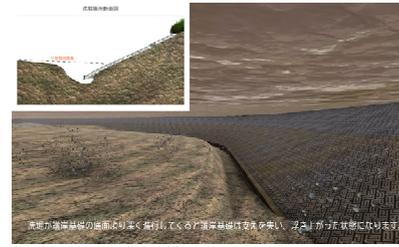


図-7 破堤体験コンテンツ

(3)変状発生機構学習コンテンツ

作成している変状発生機構学習コンテンツは剛支持樋門と柔構造樋門における変状発生機構の2種類(図-8)である。健全な状態から変状がどのように発生し、進行していく過程を学習するためのコンテンツである。

変状に至る過程やその過程の中で関連して発生する変状を学習することで、変状要因を想定する技能を習得する。

堤防天端や法面、地中内等の様々な地点に降り立ち現象を体感することができ、変状を多角的に見ることで変状発生機構の理解を深めることができる。



図-8 変状発生機構学習コンテンツ

3. 研修へのVR活用

紹介したVRコンテンツ制作過程において、令和元年度より試行的に河川保全技術研修で活用を行い、その際実施したアンケート結果を元に改善を重ねてきた。

令和2年度においてVR等を活用した研修の実施状況を表一に示す。河川保全技術研修（新任・中堅係長クラス）、河川基礎研修（中堅係員クラス）等で実施された。

表一 研修実施状況

日付	名称	概要
2020.10.22	河川保全技術研修	<ul style="list-style-type: none"> 集合研修 河川堤防点検 VR 及び破堤体験 VR を使用した河川維持管理研修体験 堤防実モデルにて受講生が変状の計測、記録等を行い、その結果をグループワークで発表
2021.3.22	中国技術事務所への VR コンテンツ紹介	<ul style="list-style-type: none"> 中国地方整備局職員を対象として河川堤防点検 VR 及び破堤体験 VR を紹介
2021.3.24	九州インフラ DX 人材育成センター 模擬研修	<ul style="list-style-type: none"> 集合研修 3D 計測機器を活用した測量研修 河川堤防点検 VR を使用した河川維持管理研修体験（その他、本業務内容と別に橋梁メンテナンス VR や無人化施工シミュレータ体験等実施）
2021.4.22	河川基礎研修	<ul style="list-style-type: none"> 集合研修 河川堤防点検 VR 及び破堤体験 VR、変状発生機構学習コンテンツを使用した河川維持管理研修 堤防実モデルにて受講生が変状の計測、記録等を行い、その結果をグループワークで発表

令和2年度の河川保全技術研修では、令和元年度に実施した際のアンケートで意見が上がっていたこともあり、まずVRを体験して点検のポイントを学んだ後に堤防実モデルで点検研修、その後グループ討議、発表、講師の講評という流れで研修が実施された。

4. VRコンテンツの改良

VRコンテンツの改良は、分かりやすく、深く学べ、リアルであることを目標に行った。

研修後のアンケートや業務を進める中で改善・工夫した点を紹介する。また、改良に当たってはVR酔いを起こさないことに留意して行っている。改良の一部を抜粋して紹介する。

(1)点検シミュレータコンテンツ

1-11 現在地がわからなくなる時があったので、空から現在地がわかるようにすると全体風景がわかり、自分がどこに居て、どこに行きたいか移動しやすくなると思う。



現在地が分からなくなるという意見に対して、現在地が分かるように位置図を追加した。

1-26 アイコンと同時に変状名がでるようにできないか。



変状名を出してほしいという意見に対して、変状を発見したときにポップアップするアイコンの脇に変状名を追加した。

1-6 水に潜って護岸基礎洗掘部を見るような表現にできないか。



護岸洗掘部の点検においては状況がよく分からないという意見に対して VRであれば普段見ることのできない箇所も見ることができるので、水の中に入って点検できるようにした。

1-29 中級者向けの草が多い等のパターンがあっても良いと感じた。



除草をしないと変状を見つけにくいことが分かるようなコンテンツもあればよいとの意見に対して、草丈の長いバージョンに変更できる機能を追加した。

(2)点検シミュレータコンテンツ解説モード



一番大事な気づきの部分についての解説が欲しいという意見に対し、それまでの解説ではVRで見ると情報量が多く、文字が小さいため要点を絞り、変状位置図と各変状の発生要因等を学べるように改良した。

(3)点検シミュレータコンテンツ練習モード



少しずつ進むのが難しかったという意見に対して、近くに移動する方法も練習モードで学べるように修正した。

(4)VR酔いの改善

・文字情報から音声ガイダンスへの切り替え
過年度の業務においてVR内の文字パネルの多用は体験者のVR酔いを起こすことが分かった。文字パネルと音声の併用または、文字パネルの音声への置換を行い視覚的負担を軽減することでVR酔いの改善を行った。

・データサイズの削減による動作速度の向上
映像の動作速度の低下はVR酔いの原因の一つである。動作速度の低下は、HMDに映し出すデータサイズが大きいと引き起こされる。映像の質を上げるとデータサイズは大きくなる傾向にある。データサイズの削減は、

手間と時間のかかる作業であり、効果的に動作速度の改善が見込まれる部分に限定して実施されてきた。今回、データサイズに留意しながら新規コンテンツを作成し、また、既成コンテンツのサイズ削減に時間をかけたことで、過年度よりも全体のデータサイズを小さくすることに成功した。(図-9)



図-9 描画負荷と映像処理速度の関係図

(5)越流体験コンテンツ

越流体験コンテンツについては、近くは3Dモデル、遠くの風景は360°写真との合成(図-10)でよりリアル感を出した。



図-10 3Dモデルと風景写真の合成



法尻付近が一面張芝であったのをより現実的な風景に改良し違和感を少なくした。

(6)浸透破堤体験コンテンツ

浸透による破堤の様子を様々な視点(断面からの視点 図-11)で作成した。



図-11 浸透破堤説明断面図

浸透による地中の水路の形成過程(図-12)、噴砂の水面形状(図-13)は数値計算を用いて作成した。

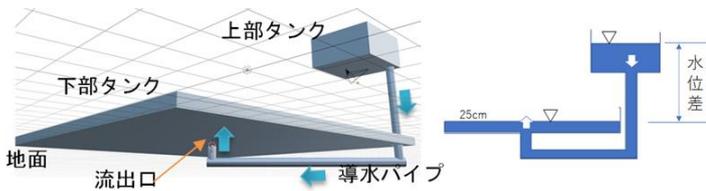


図-12 数値計算に用いた計算領域の概略図

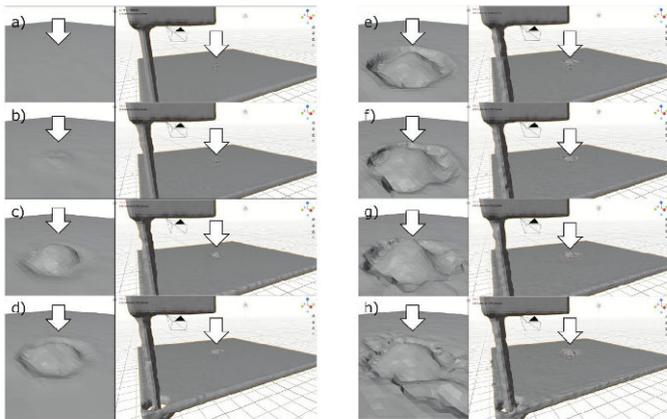


図-13 数値計算による水面形状の形成過程

4-26 (a)堤内地盤高は起伏があるため、一面が浸水範囲であると違和感がある。(b)清水時の噴砂の流速を速くする(現在の濁水時噴砂程度)。濁水時噴砂については噴砂高を現在の1.5~2倍にすることで水の勢いが増している様子を表現する。



計算結果や地形等を考慮して、より現実に近くなるよう修正した。

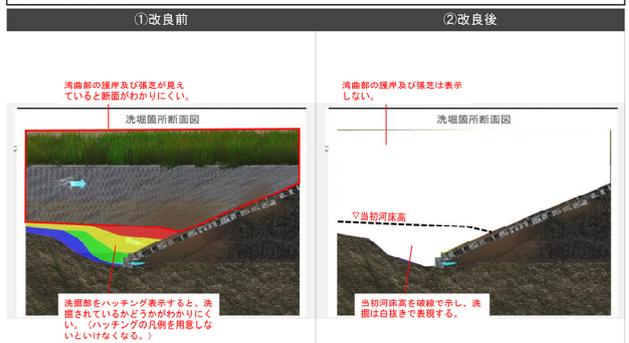
(7)洗堀破堤体験コンテンツ

4-12 護岸ブロックの大きさの見直し、及び、護岸の破壊形態の改良。



実際のブロックの大きさ(寸法)をブロック化し、護岸の亀裂はブロックの継ぎ目とした。

4-34 洗堀箇所断面図について、断面奥にある護岸や張芝を表示すると断面の洗掘過程がわかりにくい。また、洗掘過程をハッチング表示しているがこれも配色の意味を問われる可能性があるため白抜きで表現する。



洗堀箇所の断面図などはより分かりやすくしようと工夫をしていたがかえって分かりにくくなったため、背景を白抜きにして簡素な図に戻すなど試行錯誤した。

(8) 変状発生機構学習コンテンツ

6-4 ①樋門の沈下表現は、沈下量が過剰に見え体験者に不信感を持たれる恐れがある。許容できる沈下とそれ以上の沈下を段階で見せる。②管理橋を追加する。



沈下量を誇張しないと分かりづらさが誇張しすぎるのも不信感を招く恐れがあるため許容沈下量とそれ以上の段階で説明することに修正した。

6-5 土砂の吸い出しによる函体背後の空洞化の状況を、函体を一部透けて見せるなどしてわかりやすく表現できないか検討する。



VRの利点を生かして土砂の吸い出しによる函体背後の空洞化の状況を一部透けてみせることで分かりやすくした。

5. おわりに

VRは各産業分野で取り組まれ活用されているものの河川管理研修用VRはなかった。九技は平成29年度からVRコンテンツを実際の研修において活用するなど試行錯誤を重ねよりよいコンテンツをつくることができた。これらVRコンテンツを紹介する動画も作成しており、今後職員のみならず他機関の方々にも利用されることを期待している。