

VR 技術を用いた災害情報の共有

房 前 和 朋

VRとは「Virtual Reality (バーチャル・リアリティー)」の略で、日本語では「仮想現実」とも言われている。VRの特徴はその名前の通り「目の前にある現実とは違う任意の作られた現実を体験できる」ことである。様々な分野でVRの活用が進められているが、建設分野は今後労働力の確保が大きな課題となるため、VRの活用による業務の効率化や労働環境の改善は大きな意味がある。特に災害現場は安全面や衛生面、移動手段の確保等の多くの課題があるが、VRを用いて災害現場を「疑似体験」することで、何のリスクもなく瞬時に災害現場の情報を多人数で共有することができる。本稿では九州地方整備局におけるVRの技術開発についての取り組みを、主に災害に関連した事例について紹介する。

キーワード：VR, 360°カメラ, クラウド, 物理エンジン, ゲームエンジン

1. はじめに

VRとは「遠く離れた場所の出来事」や「コンピュータ上に作られた世界」をあたかも現実のように知覚させるシステムである。

2000年代の初めから軍事訓練などに使用されていたが、人間を「別の場所にいる」ように錯覚させるには不十分であった。

ところが2016年にソニー、サムソン等IT大手企業がVR市場に参入し、現在ではFacebook, Google, Microsoft, Apple等、多くの企業がVR市場に参入している。莫大な投資が継続して行われることや、これらの参入企業が保有するAI, クラウド, ビッグデータ, IoT等の技術と融合することで急速に技術が発達している。

2. 他分野におけるVRの活用

(1) 報道分野

NHK等ではVRを用いたニュース報道が行われている。インターネットの「NHKVR/AR」では、「全校児童が津波で避難した小学校」等をVR(360°静止画・動画)で体験できる。

たとえば、ニュースで「全壊家屋200軒」という情報を読む・見る・聞く場合と、VRでその被害状況を疑似体験するのでは、ニュースに対する考えやその後の行動が大きく異なる場合もあると思われる。従来の

報道は「知識」が主体だったが、VRを用いることで「体験」を記録・伝達・保存することが可能となったことは非常に大きな変化だと考える。

(2) ものづくり分野

たとえば車や飛行機を設計するためには、風洞に模型を入れて「模型がどう風の影響をうけるか」などを調べる必要があった。こうした実験装置は高価で、大きさなどの制約もある。そこでコンピュータの中に「仮想の世界」をつくり、そこで実験を行うという手法が広く用いられるようになった。雨や風等の条件も自由に設定できる上、いつでも実験可能で、コストや時間も大幅に削減することができる。「ものづくりの前に仮想世界で実験や確認、体験」することは土木分野においても有用な手法と考える。

3. 九州地方整備局におけるVRの取り組み

(1) 360°カメラを用いた情報共有

九州地方整備局では平成30年度に九州技術事務所において360°カメラの実証実験を行い、令和元年度から九州内の21の事務所等に360°カメラを配備するとともに、専用の情報共有クラウドの運用を開始した。また360°カメラを用いた防災訓練を実施し、災害発生時の速やかな情報共有の体制づくりを行っている。

(a) 360°カメラとは

360°カメラは「表と裏に2枚のレンズ」をもち「平たい棒」の形状が主流である。このレンズは1枚につき180°以上の画角（撮影範囲）を持つため、1回の撮影で全方位を切れ目なく撮影することができる。

表—1に整備局で使用している機材のスペックを示す。

(b) 耶馬溪山崩れにおける試験運用

2018年4月11日に大分県中津市耶馬溪町において大規模な土砂崩れが発生した。九州地方整備局では即座にTEC-FORCEによるドローン撮影のため職員を派遣し、併せて360°カメラの試験運用を行った。このとき現地から360°カメラで撮影した写真を電子メールで送信、九州技術事務所を受信し災害対策車両の配備に役立てることで的確な指示を実施することができた。

写真—1は実際の耶馬溪山崩れで撮影した360°写真の一部を切り出したものである。各組織の配置や作業状況、重機の数や種類、法面をタイヤで移動可能か、敷鉄板が必要かなど、多くの判断に必要な情報が1枚の写真で入手可能である。

(c) 北海道胆振地方東部地震における試験運用

2018年9月6日には、北海道胆振地方東部を震源とした震度7の地震が発生した。

九州地方整備局では、TEC-FORCEとして災害対策機器を迅速に現地に派遣した。写真—2は現地の写真である。平坦な土地にたくさんの重機が動いている

る事がわかる。

このとき通常のデジタルカメラで撮影した写真では現場で何を行っているか理解できなかったが、360°カメラで撮影後の写真の角度を左右に動かして周囲を確認することで、撮影位置が「道路ではなく橋梁」であり、「河川が周囲の土地と同レベルになるほど閉塞」しており、下流側を見ることで「どの程度の深さで土砂が堆積しているか」を理解することができた。また「何台の重機がどう配置されているか動いているか」については通常の写真では重複や撮影もれが生じやすいが、360°カメラでは簡単・確実に把握することができる。

また写真—3は同じ場所で24時間経過後に撮影した写真で、作業の進捗が一目でわかる。360°カメラはどこに向けているかに関係なく同じ位置でシャッターを押せば、同じ写真が撮影できるため、現場の変化や施工の進捗などが非常にわかりやすいという利点がある。

(d) 360°カメラの問題点とクラウド導入

耶馬溪・北海道での運用で、360°カメラの有用性は確認できたものの、いくつかの課題があることがわかった。

1点目はメールでの画像伝送である。メールは現地と九州技術事務所など、1対1の場合では大きな問題は生じないが、多数との共有には不向きである。

2点目は、360°写真は、撮影後の写真の角度やズームを変更する特殊なソフトウェアをインストール必要がある。

表—1 360°カメラ スペック

 <p>正面 側面</p>	製品名	THETA V
	メーカー	リコー
	内蔵メモリ	約19GB
	撮影容量	
	静止画	4,800枚
	動画	通常 最大5分 合計 約40分



写真—2 北海道胆振東部地震（災害直後）



写真—1 耶馬溪山崩れ 360°写真



写真—3 北海道胆振東部地震（復旧後）

3点目は写真のサムネイルが見つらいことである。360°写真を強制的に四角に表示するため、写真中心部はいいが、周辺部に非常に大きな歪みが生じるため、求める情報が周辺部にある場合非常に不便である（写真—4）。

このため、九州地方整備局では、専用のクラウドを構築することでこの問題を解消した（写真—5）。クラウドを用いることの利点は以下の通りである。

- ①クラウドを用いることで写真の閲覧にソフトウェアが不要となり、インストール、アップデート等の作業も不要となる。
- ②PCやスマートフォン、タブレットなど様々な機種で閲覧、登録が可能となる。
- ③現地からスマートフォンで簡単にクラウドに登録できる。メールと異なり個別にデータを送信する必要がない。
- ④自動的に写真に組み込まれたGPSデータを用いて地図（任意に航空写真に切り替え可能）上に整理されるため、整理に要する作業が不要。
- ⑤データの管理はクラウドが行うため、バックアップや機器故障でデータが失われることがない。
- ⑥クラウドは写真を無制限の枚数を保管できるため、記録容量を気にする必要がない。
- ⑦災害で情報共有に使用した後は、そのまま360°写真の災害アーカイブとなる。

(e) 360°動画共有に向けた技術開発
 現在までの技術開発で、静止画像の共有については



R0014874.JPG

写真—4 360°写真のサムネイルの例



写真—5 クラウドによる360°写真の表示

実用レベルとなった。次のステップとして、「動画共有」を目的とし研究開発を行っている。

災害現場での使用を想定しているため天候・気温・湿度・埃・衝撃等の悪条件でも長時間安定動作する事が必須条件である。





現在でも運用が可能な4G回線を用いた試作1号機、5G次世代の通信技術を用いた試作2号機を用いて実証実験を行った。

試作1号機は現在使用可能な技術を用いて360°動画をリアルタイムで共有する装置である。360°カメラに4Gの通信装置、大容量バッテリーを組み合わせたもので、20時間以上安定して動画を送信することができる。

しかし4G回線を用いることから、通信能力がネットワークとなりフルハイビジョン相当の画像しか送信できない。通常のビデオカメラであれば十分だが、「360°全方位をすべて記録しその一部を表示する」という特性から、画面に表示されている実質的な解像度が低くなってしまった。

試作2号機は次世代の通信技術である5Gを用いているため、ネックであった通信能力が数十～百倍程度に向上した。このため4K動画についても問題なく共有できる。しかし、当然ながら5Gの通信エリアがまだ我が国にはないため、現在では実運用はできない。

表—2 動画実証実験使用機材

	試作1号機	試作2号機
機器		
		
設置箇所	地上	バックホウ（遠隔操縦用）
通信技術	4G	5G



写真—6 動画実証実験の様子

この2種類の試作機での実証実験結果から、現時点では4Gベースの技術で動画共有を行い、5G普及後は速やかに高品質の動画共有に移行することが技術的には可能と考える。

(f) ドローンを用いた360°写真の活用

九州地方整備局では、災害現場の把握のためTECFORCEによるドローン撮影を積極的に行っている。そこでドローンに360°カメラを搭載することで、災害現場をリアルに死角なく把握できるのではないかと考えた。

撮影を行ったところ、想定通りの結果にはなったが、多くの360°写真から自分のニーズに合った写真を選ぶのが非常に困難であるという問題が判明した。とくにドローンからの360°写真のサムネイルはどれもよく似ているので、選択が非常に難しくこのままでは実運用はできないと判断した。

この問題を解決する手法の開発として、九州技術事務所では、360度写真内の任意の場所に移動できるドローン版のストリートビューを試作した(写真-9)。写真内の白い点をクリックするとその場所に移動できる仕組みのため、簡単に目的に合った位置の写真を選択可能である。

画像内の白い点をクリックするとその位置に移動する。ドローン撮影の際に、メッシュ状に飛行することで災害現場上空の任意の箇所から全方位を確認できる。

(2) VRによる災害のアーカイブ

アーカイブ(archive)とは、重要記録を保存・活用し、未来に伝承することをいう。従来のアーカイブは、文字や写真、音声等の「知識」が主体だが、VRを用いることで「体験」をアーカイブすることが可能となった。

現在VRのアーカイブは、基本的には360°カメラで撮影されたものがほとんどである。仮想空間に3D

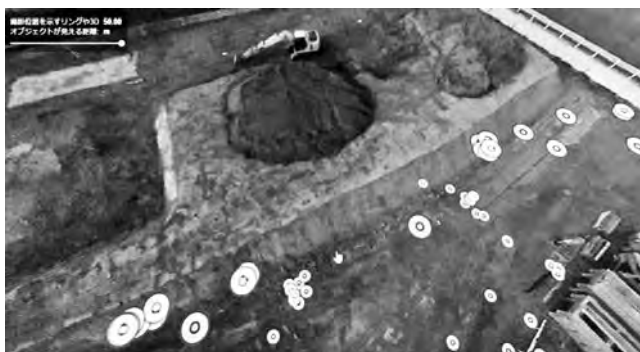


写真-7 ドローンからの360°写真

モデルを構築して災害現場を記録した事例はほとんどない。

そこで災害記録の新しい手法の開発として、九州技術事務所では航空機によるレーザ測量や航空写真、その他デジタルデータを用いて震災直後の阿蘇地区を仮想世界に再構築した(写真-8)。

高精度な測量データとハリウッド映画などで用いる、物理エンジン(ゲームエンジン)を用いることで「映画画質」を実現し、HMD(VR体験用の眼鏡状の機器)を使用することで、震災直後の阿蘇を自由に歩く体験が可能である。

また、あわせて復興後の未来の阿蘇地区についても仮想世界に構築した(写真-9, 10)。

将来的にはこうした大規模災害の復興を議論するうえで、復興後の世界をVRで体験することはより迅速かつ確実な合意形成に役立つものと考えている。また被災を受けた方の希望にすこしでもなれば良いと考えている。

(3) 災害現場の3Dモデル化

災害現場における測量は非常に重要で、復旧のためには欠かせない。特に3Dモデルがあれば、設計や積算を精度良く行う事ができる。



崩壊後 視点場：対岸
写真-8 震災直後の阿蘇



復旧後イメージ 視点場：新阿蘇大橋付近
写真-9 復興後の阿蘇(イメージ)



写真-10 復興後の阿蘇 (イメージ)

しかし従来の技術では測量の実施から3Dモデル化を行うにはかなりの時間を要するため、災害現場の3D化は行われていなかった。

そこで九州技術事務所では、ボタン一つで災害現場を3D化する試作機を用いて実証実験を行い、迅速に3Dモデルの作成が可能か検証を行った。

試作機は360°カメラとレーザスキャナ、高性能のタブレットを3Dプリンタで組み合わせたものである(写真-11)。この試作機は、ボタンを押すと360°水平方向に回転しながらレーザ測量と写真撮影を行い、その後自動で3Dモデルを作成する。1回の測定は約70秒である。測定対象が大きい場合は、できるだけ死角がない位置に装置を移動しボタンを押すと、自動的に複数の測定結果を合成して3Dモデルを作成する。

従来の技術では、レーザ測量データをフィルタリング(ノイズを除去)し、レジストレーション(点群の位置合わせ)、メッシュ化(点から面を作成)、テクスチャマッピング(面に切り取った写真を貼り付ける)をすることで3Dモデルとなる。

この試作機は、ボタンを押すだけでこれらの作業を自動で行う。また従来であればデータを事務所等のPCで処理する必要があるが、この装置は現地ですべ



写真-11 試作機

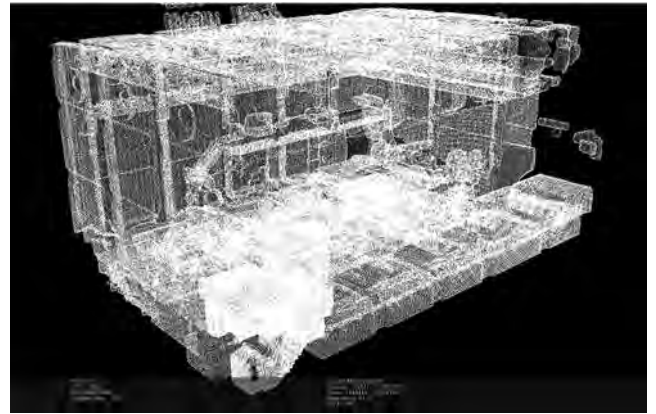


写真-12 蒲田津排水機場

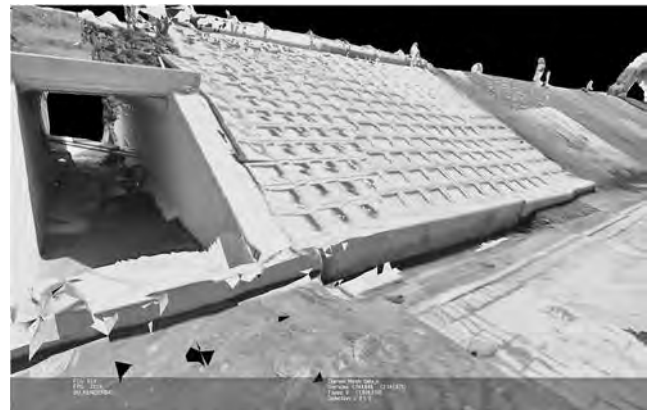


写真-13 実物大堤防模型の3Dデータ

での処理を行う事ができる。

写真は九州最大のポンプ場である蒲田津排水機場の3Dモデルである(写真-12)。このような巨大な施設でも装置を移動しながら18回ボタンを押すだけで3Dモデルが完成する。作成に要した時間は2時間程度である。

また、写真-13は九州技術事務所内に作成中の実物大堤防模型の施工中のデータである。ボタンを1回押すだけで、レーザ測量を行い、3Dモデルが作成できる。作成に要した時間は10分程度である。

条件にもよるが、災害現場を想定した場合には、従来の数十倍の速さで3Dモデルの構築が可能となると考えられる。

この技術が実用化されれば、迅速かつ高精度な3Dモデルを用いることで、手戻りが少なく精度の良い復旧が可能になると考えている。

(4) VRを用いた遠隔操作技術開発

VR技術の応用の代表としては、「遠隔操作」があげられる。VRを使用することによって、遠方から操縦しているのではなく、離れた場所にいるロボットに自分が乗り移って行動しているような感覚になる、い

いわゆる「テレグジスタンス」「遠隔存在感」が現実となりつつある。

現在の遠隔操作重機の作業効率は、通常に比較し4割程度と言われている。九州地方整備局ではVR等を用いることで、「実際に運転しているよりも作業効率を高める」事を目標とした技術開発を行っている（写真—14）。

令和元年5月に技術公募を行い、「全周囲立体モニターシステムと高解像度カメラによる遠隔操作技術：(株)フジタ」「360°半球カメラを用いたリアルタイム高画質動画配信技術：富士通コネクテッド(株)」等5つの最新技術を採用した（写真—15）。



写真—14 VRを用いた立体映像による遠隔操作
左右の目に別の映像を見せることで立体を知覚する。より正確な操作が可能。



写真—15 360°カメラを用いた遠隔操縦
同時に全方位の動画を高画質で伝送可能。AIを搭載しており、人間の接近などを検知可能。

本年10月～11月に雲仙復興事務所管内において実証実験を行い、実際の現場にてこれらの技術の有用性を評価する予定である。実験に用いる360°カメラは、カメラ自体にAIによる物体認識機能を搭載している。AIにより360°全方位の画像を解析し、たとえば動く物体が「人間」であるかを判定、重機周辺の危険なエリアに入った場合AIがオペレータにその旨を伝えることも技術的には可能である。また全方位画像をほぼ瞬時に解析するため死角や遅れがほとんどなく、様々な機能を持つAIを追加で搭載することも可能である。

4. おわりに

現在、VRは様々な産業で実用化されており、今後も急速に技術が発達すると考えられる。

他分野と比較すると土木分野での活用は少ない状況だが、土木、特に災害対応の分野で有用な技術であることがわかった。またVRは汎用性の高い技術であり、九州技術事務所等では研修や遠隔操作機器の操作など様々な分野での活用をめざし研究開発を進めたいと考えている。

謝 辞

また今回の執筆に当たり、貴重な資料や情報をいただいた日本建設情報総合センター、日本工営(株)、富士通(株)、富士通コネクテッドテクノロジーズ(株)、(株)リコー、(株)フジタの皆様に感謝の意を表します。

JICMA

【筆者紹介】

房前 和朋（ふさまえ かずとも）
国土交通省 九州地方整備局
九州技術事務所（併任）
（災害対策マネジメント室 課長補佐）

