

## トンネル設計・施工検討ツールとしてのVRの有効性確認

大成建設株式会社	正会員	○石井 祥旭
大成建設株式会社	正会員	市田 雄行
大成建設株式会社	正会員	中田 祐輔
大成建設株式会社	正会員	大塚 勇

## 1. 背景

近年、トンネル掘削による地山の三次元的挙動を予測するために三次元モデルによる掘削解析が多く用いられるが、解析結果の出力は、横断面や縦断面といった二次元的な描画に留まっているのが現状である。解析結果の出力だけでなく施工の検討でも、施工計画図は平面図や縦断面図のような二次元図で描画され、施工ステップごとの手順図は作成にも読み取りにも煩雑な手間を要する。加えて、コロナ禍における移動自粛等のためにオンラインでの会議を行う機会が増えているが、オンライン会議では資料を画面に共有して行うことが多く、口頭での三次元的なイメージの共有が困難な場面がある。そこで本稿では、VR空間内での三次元的なシミュレーション（疑似体験）が、掘削工法等の施工計画や、支保変状、地山崩落の危険性がある施工区間の洗い出しなどの安全管理を検討・討議する有効なツールとなるかを検討した結果を報告する。

## 2. 使用機器・システム

VRモデルは、Synamon社の開発したVRシステム「NEUTRANS」内のVR空間に作成する。VR空間はネットワークサーバー上に存在し、図1に示すように、参加者同士が離れていてもインターネット環境下であればどこからでも同じ空間に入って議論することができる。複数人で使用した際には他のユーザーを目視することができ、お互いの位置や向いている方向、コントローラーが何を指しているかまで視認して共有可能である。

なお、VR機器としてはOculus社製のOculus Rift SおよびOculus Quest 2を用いる。

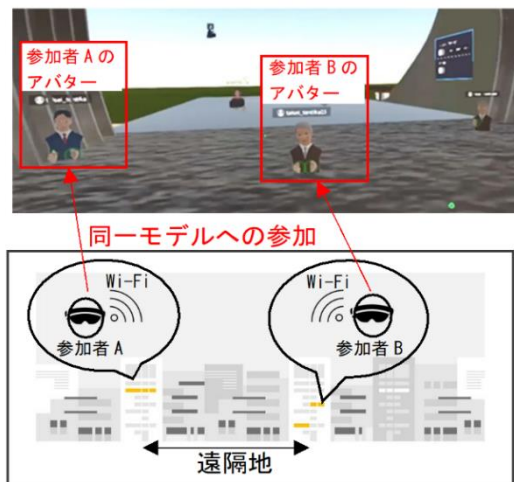


図1 複数人による遠隔地からの使用イメージ

## 3. 使用データ

VRモデルの作成にあたっては、以下のデータを統合してVRモデル空間内に配置した。

- ・現場にてレーザースキャナで取得した三次元点群地形データ
- ・トンネル周辺の地質平面、縦断面図
- ・二次元解析結果図

## 4. 作成モデル図

本検討にて作成したVRモデル内のトンネルを正面から見た図を図2に示す。使用者は目線の高さから首を振ることでトンネル坑内を三次元的に確認できる。また移動モードを切り替えれば使用者は上下方向も含めて自由にVR空間内を移動することができ、俯瞰的にトンネルおよび周辺地形を観察することが可能である。トンネルおよび周辺地形の俯瞰図を図3に、切羽近傍をトンネル肩部から見た様子を図4に示す。

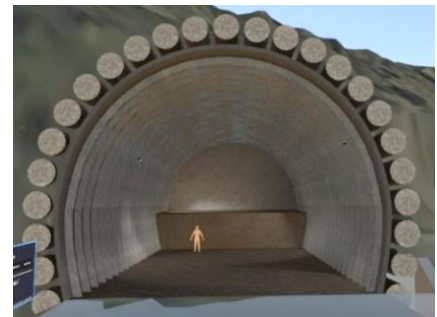


図2 トンネル正面図

キーワード 山岳トンネル VR 三次元モデル

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 大成建設株式会社 土木設計部 TEL 03-5381-5296

作製した VR モデルに対し、当該トンネルにて行った解析結果を重ねて表示したものを図 5 に、トンネル坑内壁面に地質図を表示したものを図 6 に示す。解析結果図ではトンネル掘削後のトンネル周辺地山の局所安全率を示しており、赤で示した局所安全率の低い範囲が天端付近に広がっていることがわかる。図 5 のように実物大のスケールで危険箇所を体験できることで、対策工の必要な範囲の規模を直感的にイメージすることができる。地質図を表示した図 6 では、掘進に伴い切羽に現れる地質がどのように変化するかを体験することができる。

#### 4. 体験者の感想

本 VR モデルを体験した使用者からは、実際の大きさのトンネル坑内を自由に移動できることで、対策に必要な地山範囲や、施工上危険な位置などが分かりやすいという感想が得られた。

一方で、VR 酔いや操作への慣れなど、検討ツールとして長時間用いるための課題も確認することができた。

#### 5. 考察

上で述べたように、トンネルを VR モデルとして検討することの効果として、規模感が直感的にイメージできるということが大きい。この効果はトンネルを実際に見る経験の少ない人ほど大きいと考えられるため、議論の参加者による知識、経験の差を埋める効果があるといえる。

また、規模感が分かりやすい利点を生かし、トンネル坑内に重機を設置しての離合確認や危険箇所の洗い出し、近接構造物との離隔の確認に役立つなどの発展性が考えられる。

解析結果として、今回はある断面での二次元解析結果を表示したが、トンネル坑内壁面に三次元解析結果を表示して、図 6 のような形でトンネル内側から見ることもできる。従来は三次元解析結果を、横断方向、縦断方向それぞれに二次元の断面図を作製することで確認していたが、VR モデルとすることで、三次元的にあらゆる方向、断面の結果を確認することができるようになる。

#### 6. まとめ

トンネル現場を再現したモデルを用いて設計・施工検討への VR の有効性を確認した結果、実際のスケールで構造物を確認できることによりイメージの共有が容易になるという、検討ツールとしての有効性を確認した。今回得られた知見をもとに今後も VR 技術の利点を生かした設計・施工の効率的な検討手法を模索していく。

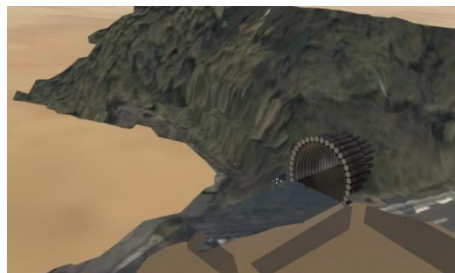


図 3 モデル俯瞰図



図 4 切羽近傍図

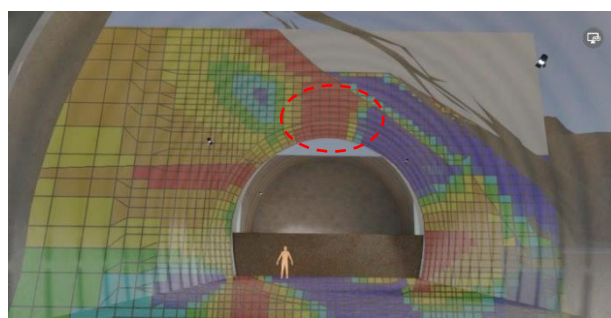


図 5 解析結果の表示

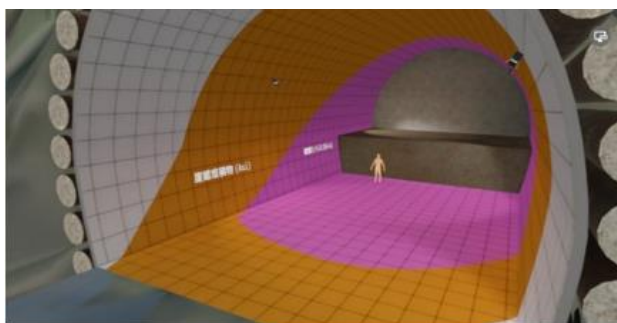


図 6 地質図の表示