

トンネル内変位量のAR化の可能性検討

大成建設（株）土木設計部 正会員 大塚 勇，市田 雄行，○池田 哲也

1. はじめに

従来のトンネル工事ではトータルステーションを用いて変位量の計測を行っているが、計測点が20～30m毎に5点程度と限られたポイントしか測定できないという課題がある。一方、切羽やその周辺の位置変化をLiDAR（light detection and ranging）で計測する事例も増えており、面的な計測データの取得が可能となっている。しかし、データを描画するまでに時間を要し、タイムラグなく計測結果を分析するためには、簡便な描画方法が必要となる。

そこで本研究では、AR（Augmented Reality）技術を用いて、LiDAR計測データから算定したトンネル壁面変位量をiPad上で可視化し、現場にて簡易的に変位量を評価する手法を検討した。本稿では、検討した可視化手法および実証実験結果について報告する。

2. 計測機器

本研究では、**図-1**に示したLiDAR装置「LeicaATS600」を用いて3次元点群データを計測する。ATS600はスキャニング計測（計測レンジ：1～60m，計測精度：±0.3mm）およびリフレクター計測（計測レンジ：1～80m，計測精度：±15μm+6μm/m）が可能であるが、本検討ではスキャニング計測を用いて計測する。

3. 実施手順

実証実験の実施手順を以下に示す。

手順(1)：初期値の計測

計測対象となる区間の吹付け完了後、初期値となる吹付け面の点群データを計測する。計測にあたっては、データ処理にかかる時間等の比較検討のため、低密度計測（計測間隔：75mm）および高密度計測（計測間隔：20mm）の2種類を行う。

手順(2)：掘進後の計測

計測対象区間前方の掘削完了後に再度計測を行う（**図-2**参照）。この時の計測データと手順(1)で取得した計測データの差分を取ることによって切羽掘進に伴う変位量の増分を算出し、点群データに変位量を付与する。

手順(3)：計測差分データのAR化

手順(2)で作成した差分データをAR化する処理を行う。変位量付き点群データのメッシュ化、AR出力用データへの変換、AR可視化システムである「mixpace」へのアップロードの順でデータ进行处理する。**図-3**にAR化の手順および使用ソフトを示す。

手順(4)：AR上でのコンター確認、位置調整等の検証

「mixpace」上にアップロードされたARデータをWi-Fiに接続された現場坑内のiPad上にて確認する。



図-1 LiDAR装置

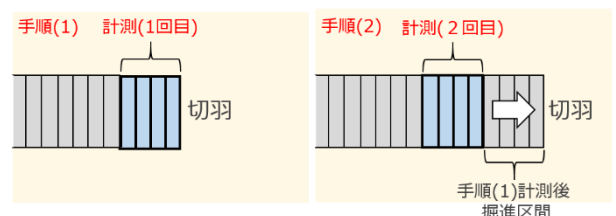


図-2 掘進前後の計測イメージ（側面図）

	STEP 1	STEP 2	STEP 3	STEP 4
概要	計測データ取得 差分点群データ作成	点群のメッシュ化 (点群データ加工)	ARソフトへのデータ変換	ARビューワーへの変換設定 AR確認
ソフト	Polyworks REGALIS	MeshLab	3ds MAX	mixpace

図-3 ARデータ化手順

キーワード 山岳トンネル，A計測，AR，LiDAR計測

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1（新宿センタービル） 大成建設株式会社 TEL03-5381-5296

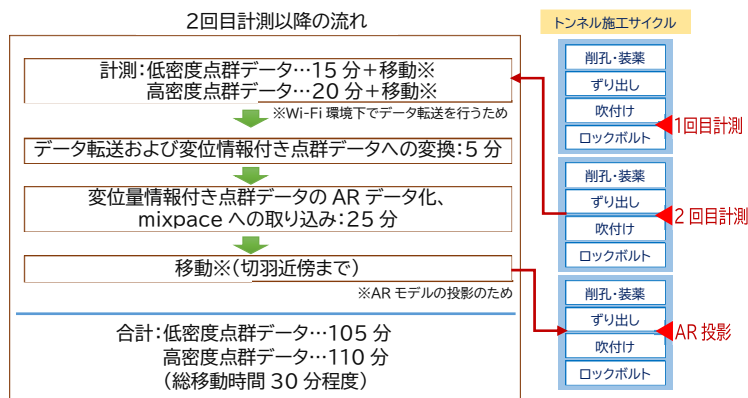


図-4 データ処理時間とサイクルタイム

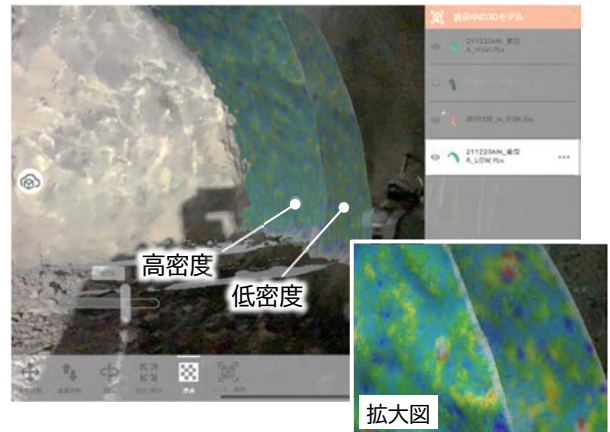


図-5 計測解像度によるコンター比較

5. 検討結果

5. 1. データ処理の可否および所要時間

計測された点群データから、変位量付きの点群データの作成までは問題なく実施された。この過程のデータ変換は、あらかじめプログラムを用意していたためほぼタイムロスなく実施することができた。

計測からARモデルとして確認することができるまでの所要時間は図-4のようになる。現場のサイクルタイムによって前後はするものの、2回目計測後、次サイクルの削孔、ずり出し前後のタイミングで、切羽近傍でARの確認ができるようになる想定される。

5. 2. AR化の結果

iPad上のmixpaceアプリ内でARを表示した結果の例を図-5に示す。ARモデルと画面上の映像が重ねて描画されており、想定した成果を達成できている。コンターは変位量を表し、低密度(75mmピッチ)の計測データと高密度(20mmピッチ)の計測データからそれぞれ作成されたARモデルを、重ね合わせたものである。高密度の計測データから作成したモデルの方が吹付け表面の凹凸がより再現できており、精細な描画ができていることが確認できる。

6. 考察

検討の結果得られた考察を以下に示す。

- ・現場の映像へのARモデルの重ね合わせは問題なく実施することができた。現地状況とARモデルの重ね合わせの精度には多少の誤差があるものの、実用上問題ない範囲であると判断できる。
- ・今回試験の計測からARモデルの作成までの時間を鑑みると、Wi-Fi環境が整備されていれば、計測の約2時間後には切羽近傍でiPad上にてARを確認できる。計測の次のサイクルの削孔、吹付け前後に切羽近傍でARモデルを確認することが可能であり、サイクルタイムに大きな影響を与えない範囲に収めることができると考えられる。
- ・変位を精度よく見るためには高密度で測定する必要があると考えられる。その際、高密度計測にかかる時間を考慮して、評価範囲を狭めるなどの対応が必要になる可能性がある。

7. まとめ

本研究では、面的に捉えたトンネル内空変位量を現場にて簡易的に確認する方法として、LiDAR計測による点群データからトンネル内空変位量を算定し、iPad上でARモデルとして可視化する手法を構築した。また、実証実験結果において、比較的短時間で現地状況とARモデルを重ね合わせることができ、本手法の有効性を確認した。今後は、継続的に運用した際の課題の抽出を行い、さらなる効率化に取り組む予定である。