

UAV や簡易なデバイスを用いたトンネル展開図の作成

日本工営(株) 正会員 ○太田 敬一

1. 本検討の概要と目的

2012 年 12 月に中央自動車道で発生した笹子トンネル天井板落下事故の発生以後、道路の老朽化対策に関する取り組みが進められている¹⁾。その取り組みの中で、トンネルや橋等の構造物について、道路管理者に対し 5 年に 1 回、法定点検として近接目視による定期点検が制定されている。これに基づき、1 巡目として 2014 年から 2018 年の 5 年間に、「道路橋定期点検要領[H26.6 策定]」に沿った点検が実施され、2 巡目の 2019 年から 2023 年の間では、「道路橋定期点検要領[H31.2 改定]」に沿った点検実施されている。1 巡目と 2 巡目では、健全性の診断の根拠となる状態の把握は「近接目視により行うこと」が基本となっているが、2 巡目では「近接目視による時と同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握する」という留意事項が追加されている。

近接目視は橋梁点検車や高所作業車等を用いて実施するケースが多いと思われるが、実施に際しては、橋梁やトンネル内を通行規制する必要がある利便性に欠けること、人力作業での目視点検は見落とし等のエラーの発生が懸念されること、また点検者の負担が大きい等の課題が挙げられる。一方、このような従来点検に対し近年の技術開発の成果を点検支援技術として利用するケースもあり、国土交通省では「点検支援技術性能カタログ」²⁾と称した新技術の取り纏めを行い、点検への新技術の活用を推進している。

そこで本稿では、UAV（ドローン）による画像計測や簡易なデバイスを用いて、近接目視と併行して利活用できるような技術開発を実施し、トンネル展開図の作成を試みたので報告する。

2. UAV によるトンネル内の飛行と撮影による展開図の作成

一般に市販されているドローンには、GPS 等からの衛星のデータを受信する装置が搭載されており、ドローンはそのデータを使い空中での位置をリアルタイムに評定する。一方、トンネル等は衛星のデータを受信できないため、衛星のデータに頼らない飛行方法を設定する必要がある。飛行方法の例として、①レーザ測距装置を用いて、対象物との距離を測定しながら飛行する方法、②ステレオカメラを用いて飛行する空間を撮影し、対象物との距離を測定しながら飛行する方法、更にそれらを組み合わせた方法もあり、飛行する環境などを踏まえ選択する。

今回、線形構造物であるトンネル内を飛行し撮影する場合、断面内のある決まった位置を飛行することになる。そこでレーザ測距装置を用いてドローンとトンネル側壁、および路面との距離をリアルタイムに測定しながら、その位置を一定の保つよう飛行させた。今回飛行したトンネルは片側 1 車線の道路トンネルで、ドローンは下り車線を秒速 1.0m/sec の一定速度を保ち、トンネル側壁との距離約 3m、路面との距離約 2.5m の位置を飛行させた。

また飛行中のトンネルの壁面の撮影は、作業の効率性を考え、壁面全体を 1 度の飛行で撮影することとした。そのため、280 度撮影可能な広角レンズ³⁾を装着したアクションカメラ⁴⁾をドローンの上方に搭載し、トンネルの壁面の約 280 度の範囲を撮影した。図-1 のように撮影に際しての照明は、ドローンの後方から壁面を投光器で照らした。

撮影した映像を用いてトンネル展開図を作成した。展開図の作成手順は、まず広角レンズで撮影した動画をフレームレート毎に静止画として取り出した。次に、取り出した静止画を広角画像から正視画像へ変換した。そして正視画像の中で、展開図に利用する範囲の画像を抽出し、短冊状に抽出した画像を繋ぎ合わせた。繋ぎ合わせに際しては、短冊状に抽出した画像を連続的に並べ、ドローンの飛行速度が一定であるとの条件に基づき、隣り合う画像同士が重なるよう、ピクセル毎の大きさを調整し、その上で重ねる処理を行った。



図-1
トンネル内のドローンの飛行状況

作成したトンネル展開図を図-2 に示した。概ねトンネル全長に渡る概況が把握できる展開図として作成されている。一方、一部、施工継ぎ目が歪んでいる部分、スパン間隔が一定でない部分がある。これはドローンの動きが安定しなかったことにより、展開図にドローン自体の動きの影響が反映された結果、このような表示となっている。この改善策として、ドローンの位置情報等のログデータを記録し、その結果を展開図に反映させることで、歪みは

軽減されることが考えられる。



図-2 ドローンを用いた展開図(図中の中央部分がトンネル天端)

3. 簡易なデバイスを用いた展開図の作成

図-2 のドローンで撮影した映像を用いたトンネル展開図の前提条件として、ドローンは一定の速度でトンネル壁面から常に一定の距離を保った位置で飛行することで作成したものである。しかしながら実際は飛行中に壁面からの距離や飛行速度に変動が生じたため、図-2 に示すように展開図に歪みが生じた。またこの撮影に際しては、ドローンの飛行申請と道路片側の通行規制が必要となり、道路使用許可の申請と飛行当日の通行規制の設定等の手間が生じる。

そこで UAV ではなく図-3 に示すようにトンネル内を走行する車から UAV に搭載したものと同一カメラを使い撮影し、撮影と同時にカメラの姿勢のデータを記録、撮影した映像と姿勢のデータを用いて歪みの小さい展開図の作成方法を検討した。カメラの姿勢のデータは、ステレオカメラを搭載し撮影した映像から 3 次元座標と方向のデータが記録できるトラッキングセンサを用いた⁵⁾。このセンサのデータを用いることで、撮影しているカメラの位置と方向が分かるため、撮影用のカメラの映像を繋ぎ合わせる際にそれを利用し補正することで、歪みの小さい展開図を作成できる。この方法での展開図の作成結果について、図-2 で示した方法と対比させ図-4 に示した。概ね図-2 で見られた歪みは改善されていると考えられる。



図-3 簡易なデバイス

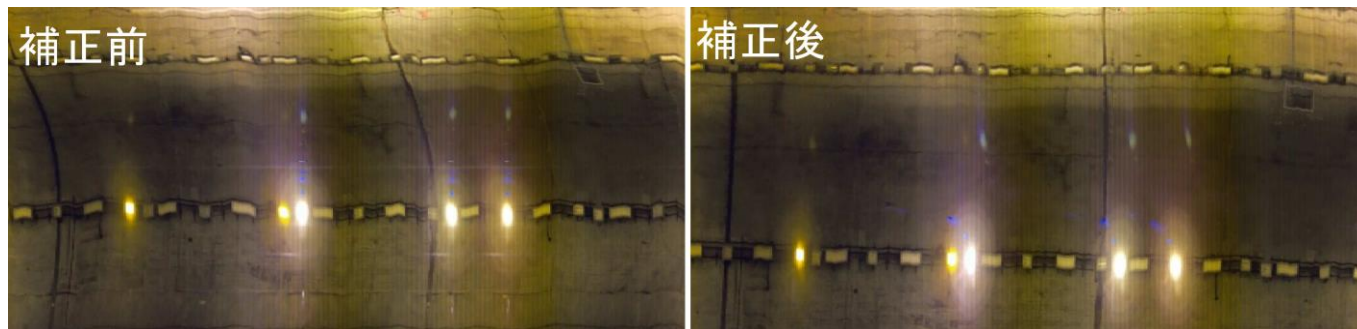


図-4 簡易なデバイスを用いて補正し作成した展開図 (左: 補正前、右: 補正後)

4. 今後の課題と展望

ドローンおよび簡易なデバイスでのトンネルの壁面の撮影と展開図の作成結果を示した。道路トンネルの点検は他の方法で展開図作成の自動化等が進んでいるが、高価で希少な機材の利用は運用上の課題がある。ここで示したような比較的安価で簡易なデバイスの併用で、日常的な点検作業の効率化が進むと考えられる。

参考文献

- 1) デジタル庁ホームページ, 道路インフラメンテナンスへの新技術の導入促進
https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/f7c75369-7986-4536-b0a9-7ddffaa5c57d/20220222_meeting_administrative_research_working_group_outline_01.pdf (参照日 2023 年 3 月 31 日)
- 2) 国土交通省ホームページ, 点検支援技術性能カタログ
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/> (参照日 2023 年 3 月 31 日)
- 3) Entaniya, 超広角フィッシュアイレンズ <https://products.entaniya.co.jp/> (参照日 2023 年 3 月 31 日)
- 4) GoPro 公式サイト, <https://gopro.com/ja/jp/> (参照日 2023 年 3 月 31 日)
- 5) IntelREALSENSE, <https://www.intelrealsense.com/tracking-camera-t265/> (参照日 2023 年 3 月 31 日)