

トンネル点検における点検支援技術[画像計測技術 (MIMM)]の活用について

国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所 特別会員 ○栗原 歩
 国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所 特別会員 岡本 慎二
 国土交通省中国地方整備局福山河川国道事務所 特別会員 藤田 新治

1.はじめに

道路トンネルの点検については、「道路トンネル定期点検要領」に基づき、近接目視による点検を実施している。福山河川国道事務所では、新技術との併用による、点検作業（近接目視点検前に変状位置を把握）や記録作業（写真撮影・記録，変状展開図作成）の効率化を目的に「走行型高速 3D 点検システム MIMM（ミーム）」を導入した。

本研究は、「走行型高速 3D 点検システム MIMM（ミーム）」のトンネル点検への活用方法と画像データ精度の検証，今後の課題について報告するものである。

2. 走行型 3D 点検システム MIMM（ミーム）の概要

MIMM は、トンネル点検支援技術の「画像計測技術」の一つであり、3t トラックサイズの車両に、画像データ取得システムと 3 次元レーザーデータ取得システムを搭載する。計測は時速 40～70km/h で走行しながら、両方のデータを同時に取得することが可

能であるため、交通規制が不要で、一般交通の流れを阻害することなく計測可能であり、安全・迅速にデータを取得することができる（図-1）。

「性能カタログ」によると、取得した画像データより、幅 0.2mm 以上のひび割れを計測することが可能とされている。MIMM に搭載されているビデオカメラの有効画素数は、従来は 38 万画素であったが、令和 3 年版性能カタログでは、200 万画素となり高性能化が図られていることから、ひび割れの計測精度も向上している可能性がある。一方、高画素化に伴って 1 スパン当たりのデータ容量も増加し、従来の 50MB 程度から 100～200MB 程度となる（表-1）。



図-1 計測車両外観と計測状況

表-1 主要性能（性能カタログより抜粋）

性能カタログ年	令和元年	令和3年
機器名	性能・台数	性能・台数
【ビデオカメラ】		
有効画素数	38万画素×20台	★200万画素×18台
シャッター方式	グローバルシャッター	グローバルシャッター
シャッター速度	1/2000（標準），50km/hの場合は1/3000以上	1/2000（標準），50km/hの場合は1/3000以上
動画フレームレート	30fp/s	30fp/s
照明	LED照明60台	★LED照明48台
照度	5,000lx程度（3m間隔）	5,000lx程度（3m間隔）
覆工展開画像形式	jpeg/AutoCAD （必要に応じて3次元テクスチャー作成も可能）	jpeg/AutoCAD （必要に応じて3次元テクスチャー作成も可能）
データ容量	1スパン当たり50MB程度（1スパン10.5mを目安）	★1スパン当たり100～200MB程度（1スパン10.5mを目安）
【測位機構】		
測位機構	レーザー計測、GNSS、IMU、距離計	レーザー計測、GNSS、IMU、距離計
【計測性能】		
撮影速度	70km/h程度以下	70km/h程度以下
最小ひび割れ幅	最小ひび割れ幅0.2mm	最小ひび割れ幅0.2mm
検出精度	1.2%（9測線の平均値）	★1.23%（性能確認試験結果）
位置精度	進行方向：59.0mm（5測線の平均値） 周方向：19.7mm（4測線の平均値）	進行方向：59.0mm（5測線の平均値） 周方向：19.7mm（4測線の平均値）
色識別性能	黒～灰色～白の中間色調差が判読可能	★フルカラー識別可能（性能確認試験結果）

★印が変更箇所

キーワード 災害, 維持管理, 道路

連絡先 〒 721-0031 福山市三吉町4丁目4-13 福山河川国道事務所 道路管理課 TEL 084-923-2553

3. 走行型画像計測の活用

3-1. 対象トンネルの概要

トンネル点検の対象は、国道2号赤坂バイパスの3トンネルと、松永道路の2トンネルの計5トンネルとなる(図-2)。

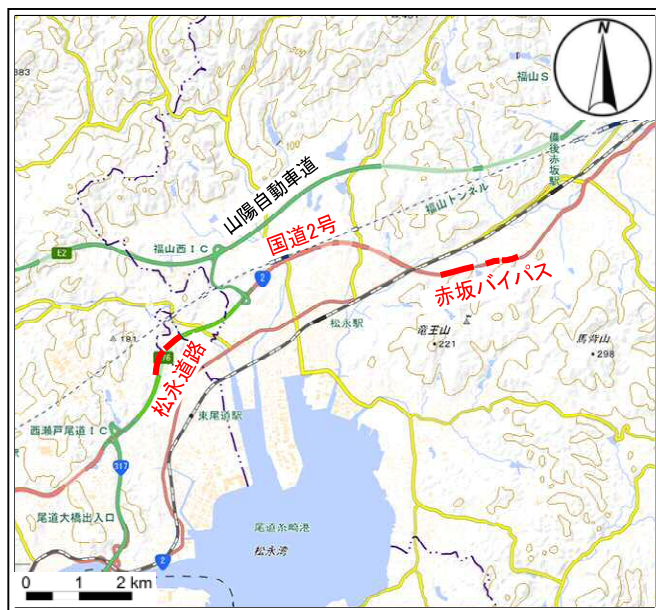


図-2 点検場所位置図

平成28年度に実施した前回の定期点検では、いずれのトンネルも外力に起因する変状は確認されていないが、覆工コンクリートの材質劣化を原因とするひび割れや、うき・はく離等の変状が複数確認されている。これら変状のうち、要対策と診断したはく落懸念箇所には、補修対策が既に実施されている。

今回の定期点検では、前回点検で確認されているひび割れや、うき・はく離の進行性を正確に把握することが重要なポイントとなる。

今回の点検では、変状の進行性を事前に把握すること、点検作業の効率化、変状の見落とし防止を期待し、現地点検に先立って画像データを取得する方法を実施した。

3-2. 画像データによるひび割れの計測精度

MIMMの性能カタログでは、令和元年版と令和3年版のいずれについても、計測性能として最少ひび割れ幅は0.2mmと記載されている。

過年度点検で実施した、MIMMで取得した画像データのひび割れ判読結果では、ひび割れ幅が0.3mm以上であれば、概ね判別が可能であった。一方、ひび割れ幅が0.3mm未満の場合、画像取得時の諸条件により違いが生じるものの、判別することがほぼ困難であった。

今回使用した計測車両に搭載されているビデオ

カメラは、過年度点検時よりも有効画素数が増えているため、画像解像度の向上が期待できることから、ひび割れ計測精度の検証を実施した。

4. 画像データの検証

4-1. ひび割れ計測精度の検証

ひび割れ計測精度の検証は、MIMMで取得した画像データと、現地点検時に撮影したデジタル一眼カメラの画像を対比する方法で実施した。

MIMMのビデオカメラの有効画素数は200万画素であり、一眼カメラの有効画素数は3010万画素である(表-2)。

表-2 計測車両外観と計測状況

種別	有効画素数	備考
MIMM(R1)	38万画素 (768×494)	SD画質
MIMM(R3)	200万画素 (1920×1080)	FHD画質
一眼カメラ	3010万画素 (6720×4480)	6k画質

(1) 高西トンネル(上り) スパン 015

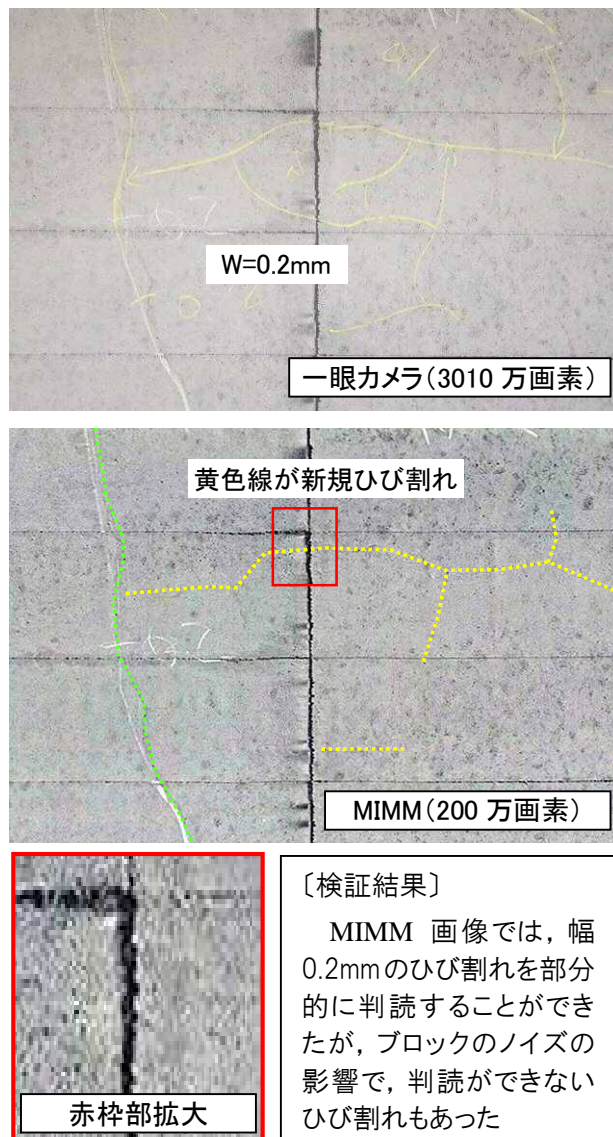
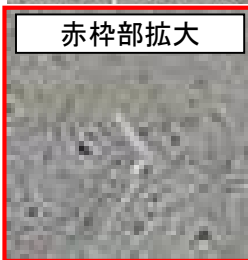
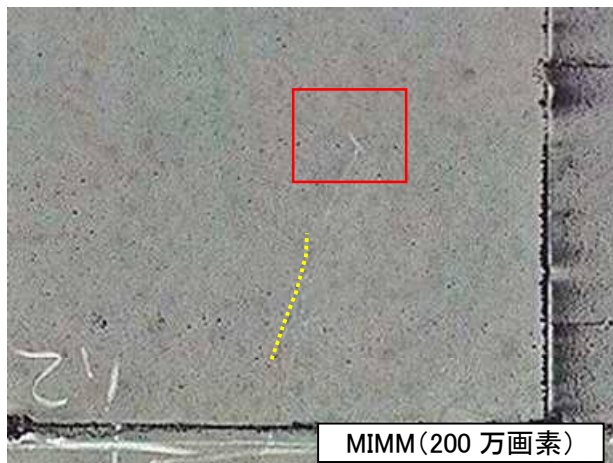
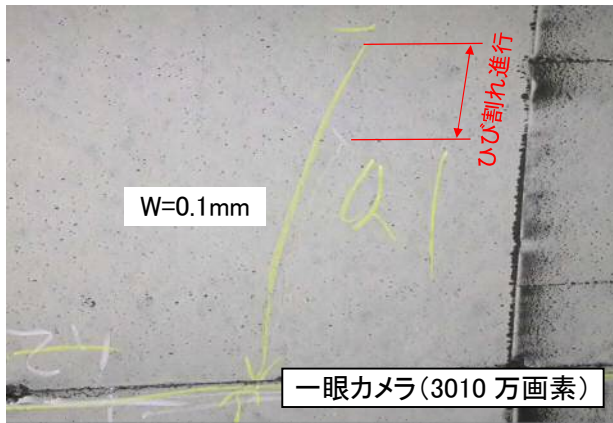


図-3 画像検証結果 (1)

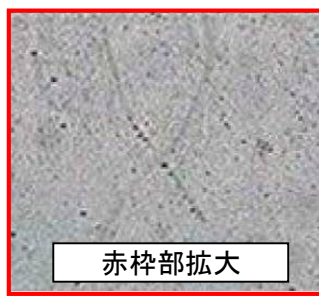
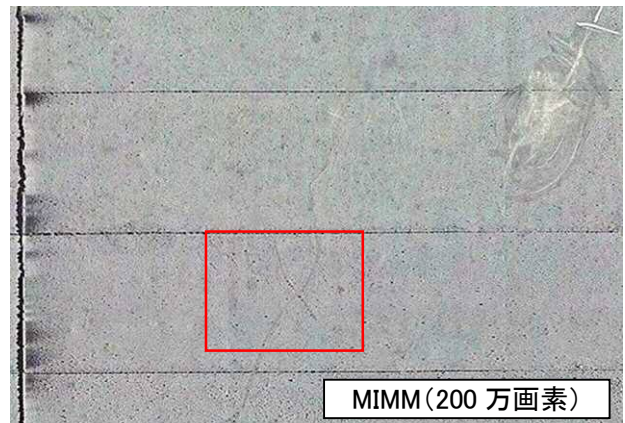
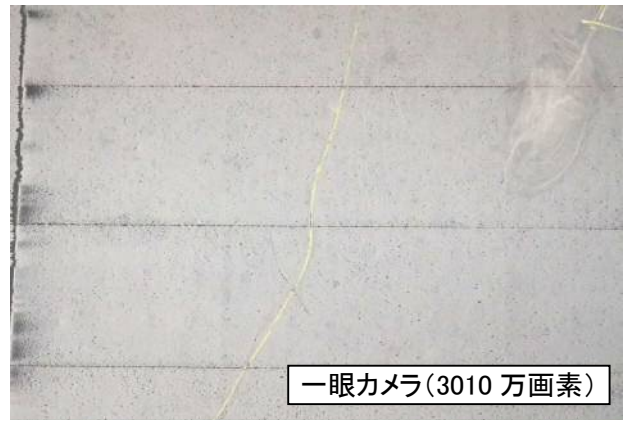
(2)高西トンネル(上り) スパン 021



〔検証結果〕
MIMM 画像では、幅 0.1mm のひび割れはほとんど判読することができなかつた。ひび割れの進行性も把握できなかつた

図-4 画像検証結果 (2)

(3)高西トンネル(上り) スパン 024



〔検証結果〕
MIMM 画像では、古いチョーク跡は確認できるものの、ひび割れとして判読することができなかつた

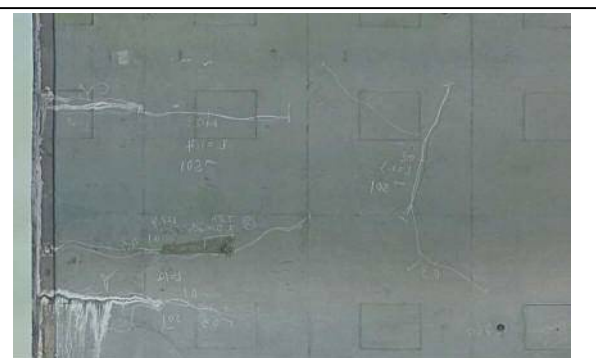
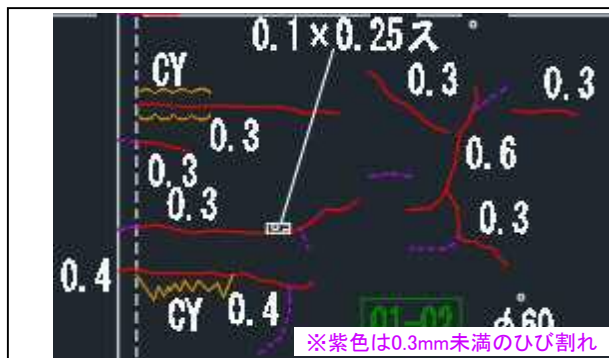
図-5 画像検証結果 (3)

4-2. 既往画像データとの対比

令和元年に取得した MIMM の画像データと、今回取得した MIMM の画像データを対比する。令和元年

に取得した画像データは、ビデオカメラの有効画素数が 38 万画素であり、今回取得した画像データは 200 万画素である。

(1)R1 計測(38 万画素: 下木原トンネル スパン 001)



〔検証結果〕

MIMM 画像では、幅 0.3mm 未満のひび割れは判読することができなかつた

図-6 既往の画像データ

(2) R3 計測(200 万画素: 神村竜王トンネル スパン 053)



〔検証結果〕

MIMM 画像では、チョーキングがされていない幅 0.2mm の新規ひび割れを、概ね判読することができた

図-7 今回取得した画像データ

5. 成果と課題

「走行型高速 3D 点検システム MIMM (ミーム)」で取得した画像データを検証した結果、①幅 0.2mm のひび割れについては、概ね判読することが可能であることが確認できた。一方、②幅 0.2mm 未満のひび割れについては、一部で判読することが可能なひび割れがあるものの、ほとんどのひび割れで判読ができなかった。また、③令和元年に取得した既往画像データでは、幅 0.3mm のひび割れが概ね判読可能であるものの、幅 0.3mm 未満のひび割れについては、ほとんど判読することができなかった。

以上の結果から、ビデオカメラの有効画素数が増加したことによって、画像データの解像度が向上し、ひび割れの判読精度が向上したと判断することができる。画像データの解像度の違いによるひび割れ判読精度について、以下に整理する (表-3)。

表-3 画像解像度と判読可能なひび割れ幅

ひび割れ幅 (mm)	画像データの解像度 (MIMM)	
	38万画素 (SD) (標準)	200万画素 (FHD) (フルハイビジョン)
0.1	×	△
0.2	△	○
0.3	○	◎
0.5	◎	◎

◎: 判読可能, ○: 概ね判読可能, △: 一部で判読可能, ×判読不可

画像データからひび割れを判読する際、ビデオカメラの解像度が低い場合にはブロックノイズが発生することにより、幅の小さなひび割れは判読できないことが確認された (図-8)。

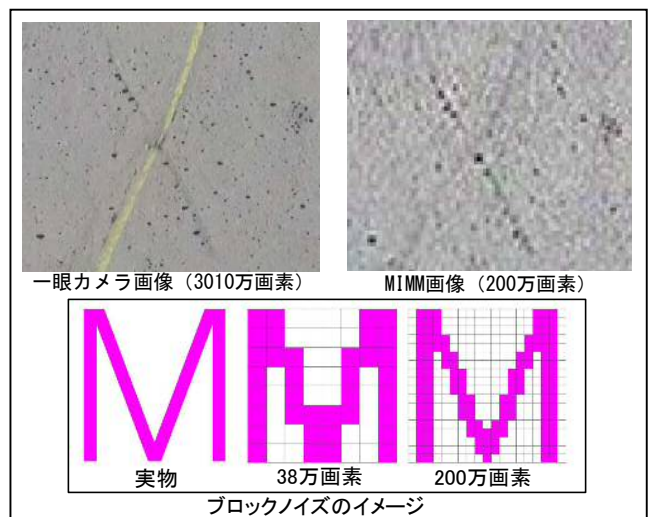


図-8 ブロックノイズと有効画素数の関係

トンネル点検支援技術である「走行型高速 3D 点検システム MIMM (ミーム)」によって得ることができる画像データは、解像度の向上により、ほぼ満足できる精度を有していると評価する。しかし、トンネル定期点検は 5 年に 1 回の間隔で実施することから、外力に起因する初生的なひび割れを見逃した場合、次回点検までに変状が拡大し、対策が後手に回ってしまう恐れがある。また、材質劣化に起因するひび割れについても、温度変化等に伴う覆工コンクリートの膨張・収縮の影響で、ひび割れが進行し、はく落懸念箇所が発生する恐れがある。

画像計測技術では、研究開発により 4k や 8k 画質の技術も開発されている。「走行型高速 3D 点検システム MIMM (ミーム)」についても、道路利用者への被害を未然に防止するため、更なる高性能化を期待する。