



コンクリート系吹付工の劣化箇所(point)の点検及び スクリーニング手法に関する調査研究

岐阜県では「岐阜県強靱化計画（2015～19年度）」、「岐阜県公共施設等総合管理基本方針（2015～24年度）」を策定し、公共施設等の計画的・効率的な維持管理、更新等を実施していくこととしています。国土交通省は2017年に「道路土工構造物点検要領」を策定し、県は2019年に県版の要領を策定しました。今後は重要な市町村道においても点検が必要になると思われます。一方、近年の建設業では深刻な人手不足が続いており、今までどおりの維持管理作業を維持していくことが大変困難になると懸念されています。

この調査研究では特に、切土法面のコンクリート系吹付個所を調査対象とし、目視および打音点検結果と新技術（県管理道路において既存データがある高精度3次元画像情報、3Dスキャナを使用した点群データや赤外線カメラを使用した空洞化調査など）を用いた結果を比較検証し、コンクリート系吹付切土のり面のより効率的な劣化評価を実現することを目的として調査を行いました。

コンクリート系吹付工の劣化箇所の点検
およびスクリーニング手法に関する調査研究

(概要版)

概要版目次

1	総まとめ	1
1.1	全周囲画像の有効性・汎用性および適用範囲	1
1.1.1	背景および目的	1
1.1.2	材料	1
1.1.3	方法	1
1.1.4	結果	2
1.1.5	全周囲画像の有効性	2
1.1.6	初心者による損傷抽出の妥当性	3
1.1.7	スクリーニングに適した全周囲画像と撮影条件	3
1.1.8	全周囲画像の汎用性	3
1.1.9	全周囲画像の適用範囲	3
1.2	UAV画像の有効性・汎用性および適用範囲	4
1.2.1	背景および目的	4
1.2.2	材料および方法	4
1.2.3	結果および考察	5
1.2.4	UAV画像の適用範囲	5
1.3	SfM+MVS技術による3次元モデルの有効性・汎用性および適用範囲	6
1.3.1	背景および目的	6
1.3.2	材料および方法	6
1.3.3	結果	6
1.3.4	考察	6
1.3.5	SfM+MVS技術のよる3次元モデルの適用範囲	7
1.4	AIの有効性・汎用性および適用範囲	7
1.4.1	背景および目的	7
1.4.2	材料および方法	7
1.4.3	学習結果	8
1.4.4	全周囲画像を用いた解析	9
1.4.5	AI自動抽出結果と近接目視点検結果の一致率	10
1.4.6	考察	11
1.4.7	AIロードマップ	11
1.4.8	将来展望	12

1 総まとめ

1.1 全周囲画像の有効性・汎用性および適用範囲

1.1.1 背景および目的

岐阜県内のコンクリート吹付工をはじめとする道路土工構造物は、5年に1回を目安とした定期点検が義務付けられている。点検は近接目視を基本とするが、山岳地域にある長大な道路土工構造物は、切土高15mを超えることもあり、近接目視困難な場合がある。また、点検は道路土工構造物に関する専門知識を有した技術者（以下「専門技術者」という）により行われるが、近年の土木技術者不足から、継続的な維持管理が困難になると予測される。そこで本研究では、道路土工構造物の効果的かつ効率的な点検手法を構築することを目的に、点検のスクリーニング技術として、MMS全周囲画像からの損傷抽出を試みた。



図1. 全周囲画像

1.1.2 材料

下呂市金山に位置するコンクリート吹付工12施設を対象に、3種類の全周囲画像を用いて検証を行った（表1）。また、下呂市金山の検証結果に汎用性があるか調査するため、高山市清見に位置するコンクリート吹付工2施設を対象に、下呂市金山の検証で損傷抽出に相当と判断した全周囲画像1種類を用いて検証を行った。

表1. 全周囲画像の種類および撮影条件

	全周囲画像		
	全周囲画像（2015）	ladybug3 再撮影画像	ladybug5 新規撮影画像
撮影日	2015年10月30日	2019年12月12日	2019年12月24日
天候	曇り	晴れ時々曇り	曇り
時間	不明	9:00～15:00	9:00～15:00
落葉状況	落葉前	落葉後	落葉後
カメラ	ladybug3		ladybug5
レンズ数	6個		6個
解像度	1600 (H) × 1200 (V) ピクセル×6個		2448 (H) × 2048 (V) ピクセル×6個
フレームレート	最大 16FPS (JPEG 圧縮時)		最大 8FPS
下呂市金山	撮影対象	撮影対象	撮影対象
高山市清見	-	撮影対象	-

1.1.3 方法

検証手法は、3種類の全周囲画像から抽出した損傷と、その現地計測結果を比較した「現地計測比較手法」と、点検調書と比較した「近接目視点検比較手法」の2種類とした。また、損傷抽出および損傷規模の評価は、道路土工構造物点検の経験がない初心者（以下「初心者」という）が行い、その結果を専門技術者が再評価することで、初心者による損傷抽出の有効性を検証するものとした。なお、損傷抽出は、全周囲画像（2015）→ladybug3 再撮影画像→ladybug5 新規撮影画像の順で行い、

ladybug3 再撮影画像や ladybug5 新規撮影画像から抽出する損傷は、それ以前の全周囲画像から抽出できなかった損傷や、規模の拡大した損傷のみとした。

1.1.4 結果

(1) 全周囲画像の違い

初心者が3種類の全周囲画像からそれぞれ損傷抽出した結果、全周囲画像(2015)では計199箇所、ladybug3再撮影画像では+67箇所、ladybug5新規撮影画像では+36箇所の損傷を抽出した。4年間の間に損傷が増えたことに加え、ladybug3再撮影画像およびladybug5新規撮影画像は落葉後に撮影しているため、全周囲画像(2015)では抽出困難だった植物下の損傷を抽出することができた。加えて、ladybug5新規撮影画像は高解像度であることから、損傷の規模拡大を確認できた。

(2) 初心者による損傷抽出結果

初心者が抽出した計302箇所(199+67+36=302)の損傷を、専門技術者が再評価した結果、初心者は専門技術者の評価結果に対しておよそ7割の一致率を得た。一致しなかった3割について、木の枝や影を損傷と間違える「対象外」が殆どを占め、専門技術者のみ抽出した損傷や、評価が異なる損傷は全体の1割以下だった。

(3) 現地計測比較手法の結果

計302箇所の損傷について現地計測を行い、一致率を算出した。その結果、およそ7割の一致率を得た。一致しなかった3割について、小規模な損傷を大規模な損傷と間違える「過大評価」や「対象外」が2割以上を占め、大規模な損傷を小規模な損傷と間違える「過小評価」は1割以下だった。

(4) 近接目視点検比較手法の結果

12施設のコンクリート吹付工について、岐阜県道路土工構造物点検マニュアル(以下、マニュアル)に則り定期点検を行い、一致率を算出した。その結果、一致率最大100%の施設もあれば0%の施設もあり、施設ごとではばらつきが見られた。一致率0%の施設は、①点検で損傷を記録していない健全な施設と、②極めて軽微なき裂のみ確認した施設、③アンカーボルトキャップの外れのみ確認した施設の計3施設であり、いずれも全周囲画像から抽出困難な損傷と言えた。また、地上高8m以上の損傷は、全周囲画像から抽出困難であった。①～③を除く9施設のうち6施設は、5割以上一致していた。

全周囲画像別に平均一致率を算出した結果、全周囲画像(2015)でおよそ2割、ladybug3再撮影画像およびladybug5新規撮影画像でおよそ4割の一致率を示した。また、12施設中8施設において、ladybug3再撮影画像またはladybug5新規撮影画像において、一致率が向上した。

1.1.5 全周囲画像の有効性

1.1.4の(4)より、マニュアルに則って記録すべき全ての損傷を全周囲画像から抽出することは困難であった。一方で(2)より、画像抽出した損傷は現地計測結果に対しおよそ7割の一致率を得た。加えて、極めて軽微な損傷を除き、近接目視点検と一致する損傷を各施設1箇所以上抽出でき、

およそ半数の施設では一致率 5 割を超えていた。このことから、全周囲画像はコンクリート吹付工点検前のスクリーニング技術として有効であると考える。

1.1.6 初心者による損傷抽出の妥当性

専門技術者の画像抽出結果に対し、初心者的一致率は 7 割程度だったが、不一致の殆どは「対象外」であった。「対象外」は安全側の評価と考えることができ、スクリーニングとしての利用であれば、それほど厳しく損傷と「対象外」を区別して抽出する必要もないと考える。このことから、全周囲画像からの損傷抽出は初心者でも可能と評価した。

1.1.7 スクリーニングに適した全周囲画像と撮影条件

損傷抽出に用いる全周囲画像は、1.1.4 (1) および (4) より ladybug5 新規撮影画像が望ましいと考える。一方で、解像度が高い分撮影コストも高く、ladybug3 再撮影画像と ladybug5 新規撮影画像の一致率にあまり差がなかったことから、スクリーニングとしての利用であれば、ladybug3 再撮影画像も適用可能と考える。また、撮影条件は、落葉後・曇りが適当と考える。

1.1.8 全周囲画像の汎用性

高山市に位置するコンクリート吹付工 2 施設について、1.1.7 で示す撮影条件のもと、撮影コスト削減の背景から ladybug3 で新規撮影し、初心者による損傷抽出の汎用性を検証した。その結果、近接目視点検結果に対し 4 割～7 割の一致率を得た。高い一致率には至らなかったものの、これまでの検証と同様の結果を示したことに加え、スクリーニングとしての利用であることから、全周囲画像はコンクリート吹付工の損傷抽出に対し汎用性があると評価した。

1.1.9 全周囲画像の適用範囲

全周囲画像の適用範囲を表 2 に示す。

表 2. 全周囲画像の適用範囲

全周囲画像	撮影条件	損傷抽出者	適用範囲	注意点
ladybug3 (2015)	-	初心者	現地調査前のスクリーニング作業 地上高 8m 付近まで	2015 年以降に発生・拡大した損傷は確認不可
ladybug3	落葉後 曇り			点検年度に撮影する事が望ましい
ladybug5				点検年度に撮影する事が望ましい

1.2 UAV 画像の有効性・汎用性および適用範囲

1.2.1 背景および目的

全周囲画像から確認できないコンクリート吹付面の頂部を UAV で撮影し、その画像（以下、UAV 画像と言う）から損傷を抽出することで、全周囲画像の補則技術としての有効性を検証した。

1.2.2 材料および方法

Phantom4PRO を用いて撮影を行った。仕様を表 3 に示す。

表 3. Phantom4 PRO 仕様

項目	仕様	備考	
機体	回転翼	4 回転翼	
	対角寸法	350mm	プロペラ含まず
	重さ	1388g	
	運用限界高度	6000m	海拔
	最大飛行時間	約 30 分	
	最大速度	50km/h	P モード時
	動作環境温度	0~40°C	
	GPS モード	GPS/GLONASS	
	ホバリング範囲	垂直：±0.1m、水平±0.3m	ビジョンポジショニング 使用時
赤外線検知システム	障害物検知範囲	0.2~7m	
	障害物検知角度	70°（水平方向） ±10°（垂直方向）	
	検知周波数	10Hz	
	障害物検知環境	反射率が異なる表面、および 反射率>8%（壁、木々、人など）	
送信機	動作周波数	2.400~2.483GHz	
	最大伝送距離	7km	FCC
バッテリー	バッテリー容量	6,000mAh LiPo 25	
	出力	26dBm	FCC
	動作電圧/電圧	1.2A @7.4V	
カメラ	センサー	1"CMOS 有効画素数：2,000 万画素	
	大きさ	5472×3648	3:2 アスペクト比
	解像度	72dpi	

撮影範囲は、図 2 に示すコンクリート吹付面の上方とし、損傷抽出は初心者が行うものとした。また、撮影対象施設は、全周囲画像の有効性・汎用性を検討した、下呂市金山に位置するコンクリート吹付工 12 施設と、高山市清見に位置するコンクリート吹付工 2 施設とした。



図 2. UAV 撮影範囲

1.2.3 結果および考察

(1) UAV 画像からの損傷抽出と有効性（下呂市）

下呂市金山に位置するコンクリート吹付工 12 施設の頂部を UAV で撮影した結果、全部で 95 箇所の損傷を抽出した。うち 85 箇所は、近接目視点検でも記録していない損傷であり、中には道路上から目視確認不可能な、地上高 30m 以上に位置する損傷もあった。また、12 施設中 6 施設について、UAV 画像を組み合わせることで、近接目視点検結果との一致率が平均 30%向上した。これらの結果から、UAV 画像は全周囲画像の補則技術として有効であると共に、近接目視点検の補則技術としても有効であると考えられた。

(2) UAV 画像からの損傷抽出数と汎用性（高山市）

高山市清見に位置するコンクリート吹付工 2 施設の頂部を UAV で撮影し、近接目視点検で確認した 17 箇所の損傷を UAV 画像から抽出可能か検証した結果、13 箇所の損傷を抽出できた。また、下呂市での検証同様、近接目視点検で確認していない頂部の剥離やき裂を抽出でき、施設全体に広がる軽微なき裂や表層剥離についても、俯瞰的に把握することもできた。下呂市と同様の結果を高山市でも得られたことから、UAV 画像は全周囲画像の補則技術、近接目視点検の補則技術として汎用性があると考えられた。

(3) UAV 画像から抽出困難だった損傷

UAV 画像から抽出困難だった 4 箇所の損傷は、いずれも吹付工背面や頂部の空洞と剥離であり、UAV 画像や全周囲画像からでは抽出困難な損傷と言える。そのため、全周囲画像や UAV 画像に替わる新技術での抽出を検討する必要がある（図 3）。

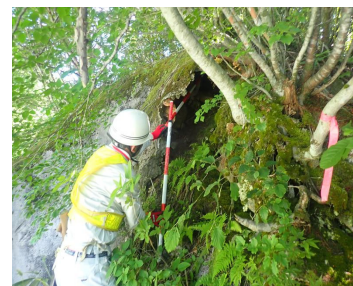


図 3. 吹付工背面の空洞化

1.2.4 UAV 画像の適用範囲

UAV 画像の適用範囲を表 3 に示す。

表 3. UAV 画像の適用範囲

UAV	撮影条件	損傷抽出者	適用範囲	注意点
UAV Phantom4 PRO 同等品	落葉後 曇り	初心者	現地調査前の スクリーニング作業 近接目視点検時の 詳細確認	点検年度に撮影する事が望ましい オーバーラップ率：70～80% サイドラップ率：50%

1.3 SfM+MVS 技術による 3 次元モデルの有効性・汎用性および適用範囲

1.3.1 背景および目的

全周囲画像および UAV 画像は、現地調査前のスクリーニング技術として有効であり、汎用性があることを確認した。しかしながら、コンクリート吹付工の背面や頂部に発生する空洞は、全周囲画像や UAV 画像から抽出困難であり、別の技術で補う必要があった。また、全周囲画像は、6つのレンズで撮影した単写真を合成するため低解像度であり、剥離やき裂の段差、剥離片の密着・分離など詳細状況を確認し難い。そこで、全周囲画像の補測技術として、SfM+MVS 技術による 3 次元モデルからの損傷抽出を試みた。

1.3.2 材料および方法

SfM+MVS とは、多数の画像から 3 次元モデルを生成する写真測量技術 (Structure from Motion と Multi-View Stereo (SfM+MVS)) である。対象施設は、全周囲画像から損傷抽出を行った下呂市金山に位置するコンクリート吹付工 3 施設とし、UAV (Phantom4 PRO) にて撮影した。また、3 次元モデルの合成不足を防ぐため、オーバーラップ率 60~70%、サイドラップ率 40~60%、被写体との距離は 6m 程度として撮影を行った。

1.3.3 結果

3 施設について、全周囲画像と SfM+MVS 技術で作成した 3 次元モデルを比較し、全周囲画像から抽出済の 54 箇所損傷が 3 次元モデルで確認可能か検証した。その結果、54 箇所中 40 箇所 (74%) が全周囲画像より鮮明に確認可能、14 箇所 (26%) が 3 次元モデルの歪みや植生繁茂により確認困難だった。一方で、全周囲画像では確認できなかった複数のき裂を確認するなど、新たな損傷を 3 次元モデルから抽出することができた。また、近接目視点検結果と 3 次元モデルを比較し、近接目視点検で確認済の 27 箇所損傷が 3 次元モデルで確認可能かも検証した。その結果、27 箇所中 16 箇所 (59%) を 3 次元モデルから確認することができた。また、いずれの施設においても、全周囲画像から確認できなかった損傷を、1 箇所以上確認することができた。一方で、3 次元モデルの歪みや植生繁茂により確認困難な損傷もあり、頂部に発生した空洞は抽出困難であった。

1.3.4 考察

全周囲画像および近接目視点検で確認した損傷を 3 次元モデルで確認可能か検証した結果、およそ 7 割について明瞭に確認することができた。3 次元モデルで確認可能な損傷は、殆どが全周囲画像より鮮明であり、剥離やき裂の段差、剥離片の密着といった詳細状況も確認することができた。一方で、3 次元モデルを用いても、コンクリート吹付工背面の空洞は抽出できなかった。空洞は、コンクリート吹付工の崩壊に繋がる損傷であるため、スクリーニング時点で抽出することが望ましいが、法面の崩壊に至るまでの間に、空洞を原因としたき裂や漏水、土砂の流出が発生する場合が多い。本研究では、全周囲画像、UAV 画像、3 次元モデルいずれにおいても空洞そのものは抽出できなかったが、これらの技術を用いて、空洞が想定される箇所を抽出できる可能性はある。そのため、SfM+MVS 技術による 3 次元モデルは、スクリーニング時点で詳細状況を把握するための補測技術として、有効であると考える。

1.3.5 SfM+MVS 技術による 3 次元モデルの適用範囲

SfM+MVS 技術による 3 次元モデルの適用範囲を表 4 に示す。

表 4. SfM+MVS 技術による 3 次元モデルの適用範囲

3 次元モデル	撮影条件	損傷抽出者	適用範囲	注意点
SfM+MVS 技術にて合成した 3 次元モデル (UAV 画像利用)	落葉後曇り	初心者	スクリーニング作業における損傷の詳細状況確認	点検年度に撮影する事が望ましい オーバーラップ率：70～80% サイドラップ率：50%

1.4 AI の有効性・汎用性および適用範囲

1.4.1 背景および目的

1.1～1.3 は全て人力による損傷抽出だったが、これを AI に代行させることで更なる効率化を目指し、モルタル吹付工における損傷自動抽出モデルの開発に取り組んだ。

1.4.2 材料および方法

損傷抽出を行うモルタル吹付工は、全周囲画像の有効性・汎用性を検討した、下呂市金山に位置するコンクリート吹付工 4 施設とした。また、損傷抽出に使用するデータは、2019 年から 2021 年にかけて撮影した上記 4 施設の UAV 画像 (5472 × 3648 ピクセル) 1500 枚強とし、そのうち一部を学習・検証データとして使用した。

モルタル吹付工損傷抽出に際して画像系の深層学習を採用することとした。深層学習の技術としては、畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network) を使用。タスクに関しては Semantic Segmentation (以下、領域抽出) を採用。学習方法は、「教師あり学習」を実施した。

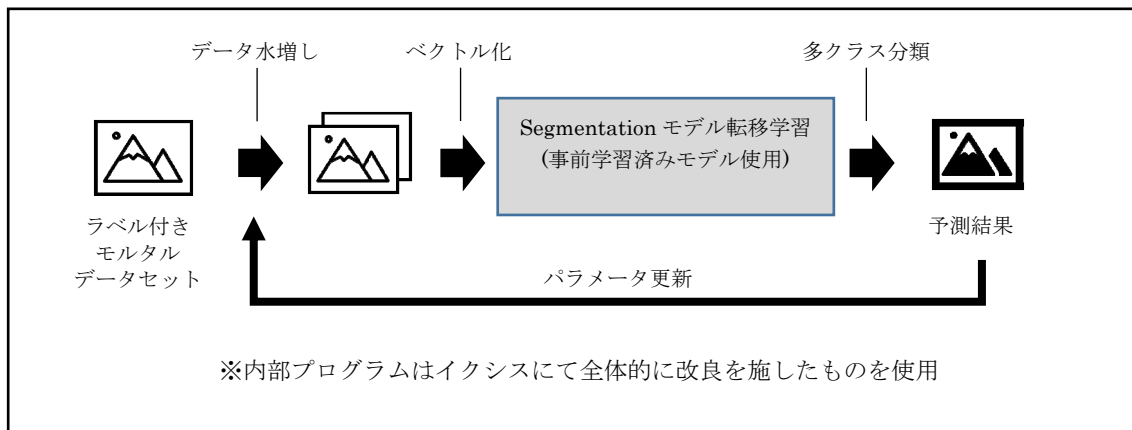


図 4. 教師あり学習のプロセス

クラス設定として、モルタル吹付工の損傷を抽出するにあたり、モルタルそのものも独立したクラスとして抽出することにした。損傷抽出の前工程で、モルタル領域を抽出することで、モルタル以外の箇所の損傷抽出を除外する狙いである。そのため、領域抽出のクラス設定としては、損傷を含めて5クラス設けることとした（表5）。

表5. クラス設定

クラス	AI 方式
モルタル	領域抽出
き裂	領域抽出
遊離石灰き裂	領域抽出
遊離石灰	領域抽出
剥離	領域抽出

モルタル吹付工損傷抽出に際して、予め損傷箇所を明確に示したデータを用意し、それに基づいて学習用データを作成した。また、学習時には元画像を25分割して学習に適したサイズに加工した。データセットは第一段階、第二段階の2パターン用意し、第二段階では第一段階の学習結果を踏まえ、検出が弱かった損傷を中心に画像をピックアップし、追加で学習を行うものとした。

○第一段階データセット（2021年11月学習）

- 総画像枚数：75枚（分割前3枚）
- ・学習データ：69枚
- ・検証データ：6枚

○第二段階データセット（2022年1月学習）

- 画像枚数：250枚（分割後10枚）
- ・学習データ：224枚
- ・検証データ：26枚

1.4.3 学習結果

(1) き裂

第二段階データセットにて学習した結果について、第一段階データセットにて学習した結果と比較分析した結果、き裂抽出については、学習によってより検出できるようになった部分と、そうでない部分が出てきた。右記の画像は、学習によって検出が増えている箇所であるが、全体的にみるとまだ検出ができていない部分が多い（図5）。また、き裂の損傷は、他の損傷と比べるとラベル数が少なく、規模の大きなき裂（き裂）に関しては漏れがちであった。加え

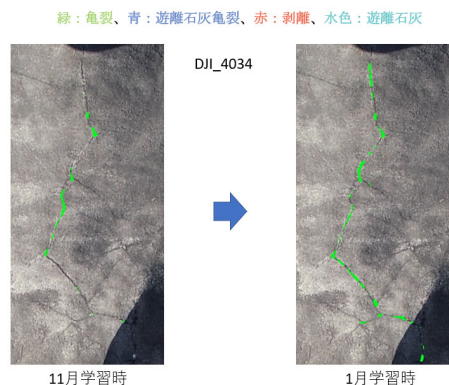


図5. き裂自動抽出結果

て、学習によって逆に検出出来なくなってしまう例もあった。

(2) 遊離石灰き裂・遊離石灰・剥離

遊離石灰を伴うき裂、遊離石灰、剥離については、1回目の学習よりも2回目の学習の方が全体的により検出できるようになっていた。また、1回目では存在した遊離石灰と剥離の混同も是正される傾向にあった(図6)。

緑：亀裂、青：遊離石灰亀裂、赤：剥離、水色：遊離石灰

DJI_4138

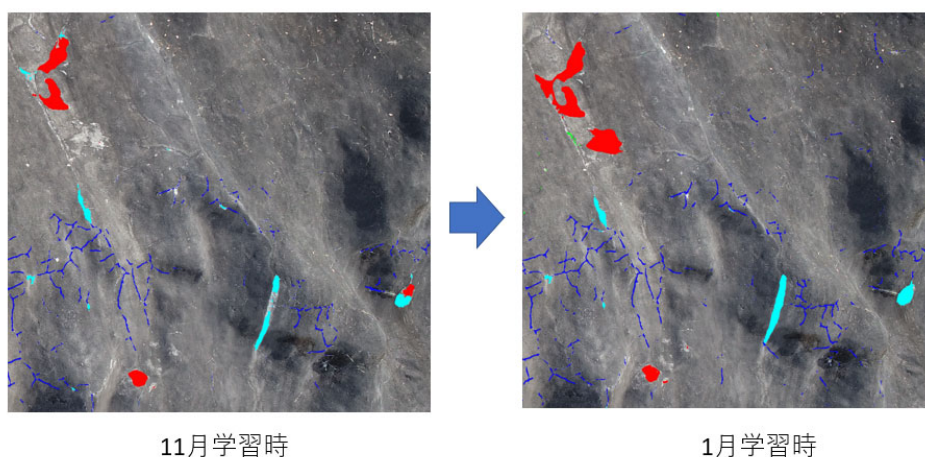


図6. 遊離石灰を伴うき裂、遊離石灰、剥離の自動抽出結果

1.4.4 全周囲画像を用いた解析

モルタル吹付工の全周囲画像に対して、今回開発したAIで解析を行った。解析画像は、全周囲画像の有効性・汎用性を検討した、下呂市金山に位置するコンクリート吹付工12施設におけるladybug5新規撮影画像(復路)とし、解析施設はI086T1390、I086T1410、I086T1420とした。

全周囲画像の解析に関して、UAV同様に検出はできた。ただし、学習データに含まれた施設であっても、全体的に検出が弱かった(図7)。

緑：亀裂、青：遊離石灰亀裂、赤：剥離、水色：遊離石灰



図7. 全周囲画像解析 損傷抽出例

1.4.5 AI 自動抽出結果と近接目視点検結果の一致率

UAV 画像から AI で損傷を自動抽出した 4 施設について、近接目視点検結果と AI による自動抽出結果を比較し、一致率を算出した。その結果、施設別一致率は 28～67%だった。近接目視点検で記録する損傷は、マニュアルに則って決定するため、開口 1cm 以上のき裂や段差のある剥離、表層剥離などが大多数を占める。AI によって自動抽出され易かった遊離石灰を伴うき裂は、比較的軽微な損傷であり、損傷の多い施設では記録しないこともあるため一致率の向上に寄与しなかった。また、モルタル吹付工本体との境目が不明瞭な剥離や、地上から見上げなければ確認困難なき裂・剥離なども自動抽出困難だった。自動抽出した損傷画像を下記に示す (図 8)。

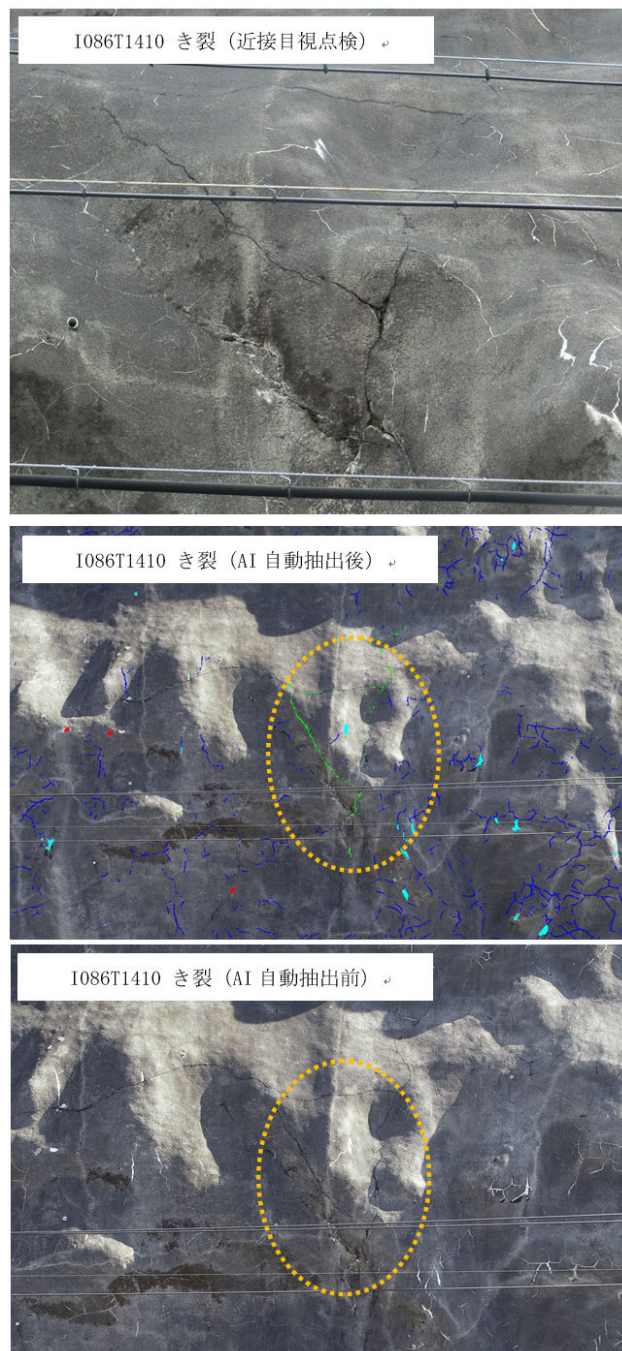


図 8. AI 自動抽出 一致例

1.4.6 考察

学習を2回に分けて実施した結果、より検出できるようになった損傷もあれば、検出が安定しない損傷も出現してきた。特に、き裂に関しては検出が安定せず、近接目視点検結果との一致率も28～60%と低い値を示した。しかしながら、教師データを数多く確保できた遊離石灰を伴うき裂は多数検出できており、近接目視点検で記録していない表層剥離やき裂を自動検出している場合もあった。

このことから、今後、精度を上げていくことで、より網羅的な損傷抽出が可能となり、一致率を向上させることができると考える。そのためにも、さらに教師データを増やし学習することが重要であり、例えば県内の過年度点検データを学習用の損傷データとして利用できれば、飛躍的な精度向上が期待できる。さらに、モルタル吹付工以外の損傷データも混ぜてデータ数を増やし、学習することも効果的と考える。また、UAVの撮影角度では画像抽出困難な損傷もあったことから、撮影角度やラップ率など、地上からの撮影との組み合わせ等も検討しながら、撮影手法の改善を図ることで、更なる精度向上が期待できると考える。

1.4.7 AIロードマップ

AIによる損傷抽出を実際の点検作業に実装していくには、さらなる精度向上だけでなく、実際の利用方法を検討しなければならない。つまり、どのような使い方で、どのようなアウトプットとするのか？

例えば、全周囲画像に自動で損傷を色表示やボックス表示させるシステムとすることで、現地点検前の着目すべき損傷の全体把握を目的としたスクリーニングとしての使い方や、定期点検における損傷図作成を目的とした2Dや3D損傷図を自動作成するシステム等も考えられる。以下に、今後、実装に向けた点検マニュアルへの組み込みやシステム運用に向けたロードマップを提案する(表6、図9)。

表6. AIロードマップ

AI ロードマップ

今ココ

	2019 1年目	2020 2年目	2021 3年目	研究 終了 時	2022	2023	2024
フェーズ	計画	お試し解析	本開発	<ul style="list-style-type: none"> ・予算内で作成可能なエンジンの精度評価 ・教師データ見直しによるモデルの改善度評価 	本開発の継続～運用へ向けた検証作業		
					AI導入に対応した調書・仕様検討		
抽出対象	—	・遊離石灰 ・き裂 ・剥離	・遊離石灰 ・き裂 ・表層剥離 ・モルタル		3項目+α?		
予算	—	300,000円 基礎的検討と検証	1,200,000円 代表的な損傷をある程度の精度で抽出		要相談		
タスク	—	・教師データ作成 ・本開発検討→見込み有	・教師データ見直し ・精度評価 ・改善点抽出		・システム開発 ・実地検証 ・精度検証 ・ // 決定	・AI対応調書見当/検証 ・AI導入後の点検手法の検討	・AI対応調書出力/決定 ・運用へ向けた仕様作成

全体イメージ

目的：モル吹点検において

- ①スクリーニング作業をAIで自動化
- ②定期点検をAIで自動化

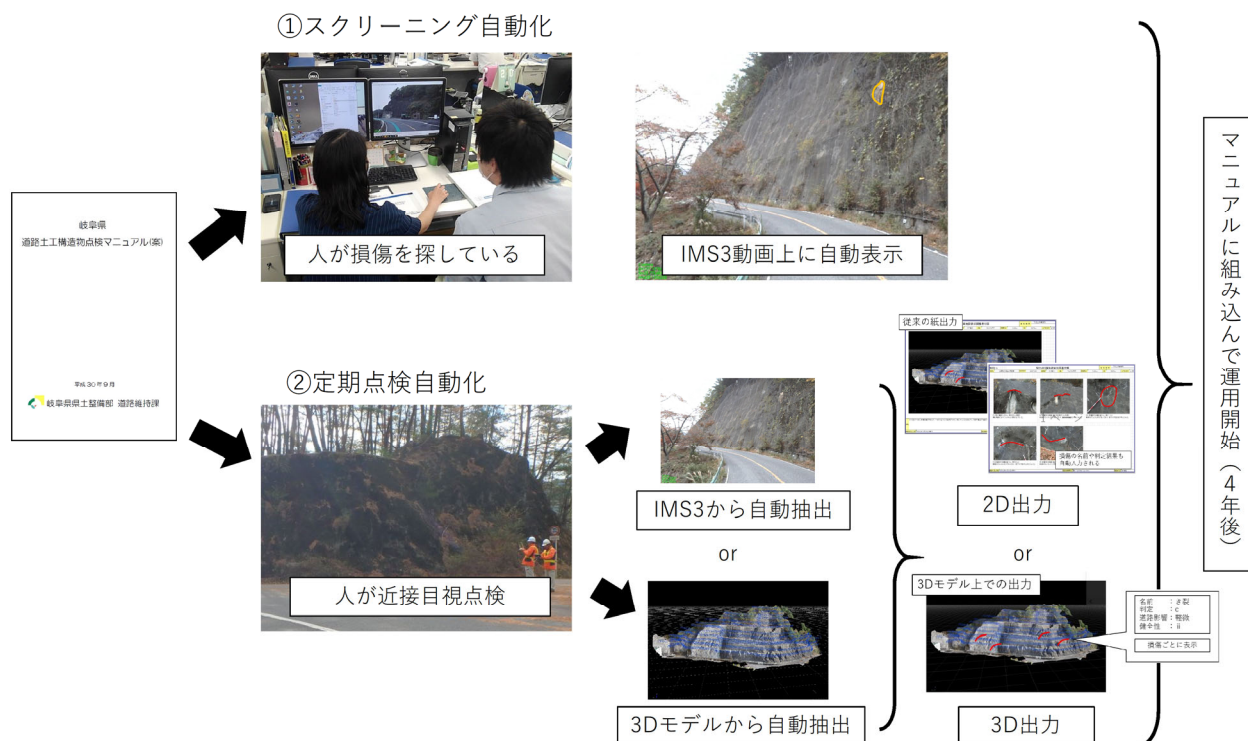


図9. AI ロードマップ全体イメージ

1.4.8 将来展望

本研究によって、MMS 全周囲画像が道路土工構造物点検のスクリーニング技術として有効であることを確認した。課題となっている解像度については、今後、カメラ性能の向上とともに精度向上が図られるものと予想され、実際の運用については、MMS 全周囲画像単体で利用するのではなく、補測技術として検討した UAV 画像と組み合わせることで、効率的かつ網羅的なスクリーニング作業が可能になると考える。また、MMS 全周囲画像の低解像度を補測する技術として検討した SfM+MVS 技術は、高解像度かつ三次元モデルであることから、MMS 全周囲画像に代わるスクリーニング技術としても効果を期待でき、さらには定期点検の高度化にも繋がる技術と考えられる。今後、Society5.0 の実現へ向け、スクリーニングのみならず、現地点検作業に代わる技術として MMS 全周囲画像および SfM+MVS 技術の利用、さらに AI による損傷の自動抽出による点検の効率化や、紙媒体が主流な点検調書や損傷図についても、画像や三次元モデルの導入によるデジタル化を目指すことが重要である。

一方で、これらは点検の一手法であり、画像からだけでは分からない空洞や損傷（様々な障害物や撮影条件による限界）や不具合等を点検技術者が見逃すことなく、現場で確認すべきものを判断する道具としての使い方が重要であることは言うまでもない。そのため、見落としはならない損傷の種類やレベルの設定が重要であること、画像からの判断の限界を設定し、必ず現地確認すべき箇所の選定も重要であり、これらは点検マニュアルと両輪で検討していく必要があると考える。