

橋梁ロボット点検におけるデータマネジメントの考察と提案

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○榎本 真美
国立研究開発法人土木研究所 下川 光治
国立研究開発法人土木研究所 正会員 新田 恭士

1.はじめに

橋梁点検では、インフラ用点検ロボットを活用した効率化が進められている。点検要領の改訂や点検支援技術性能カタログが整備されるなど、ロボット活用が促進される環境整備が進んできた。しかし、3次元納品マニュアルは整備されているものの、計測情報や画像を十分に活かすデータモデルが存在せず、橋梁のライフサイクルをととして3次元データ管理を行うための仕組みやルール整備が課題である。

本稿では、ロボット点検情報を3次元モデルで管理し活用するためのデータマネジメントについて、考察と提案を行う。

2. ロボット点検の習熟度レベル

ロボットによって、その適用範囲や取得できるデータ詳細度に違いがある。橋梁の規模や構造、緊急輸送道路指定の是非、供用年数等の条件に応じて、適切なロボット選定を行い、メリハリをつけた点検と効率的なマネジメントを行うことが必要である。

また、データが過度に詳細になると、データ取得及び管理にかかる費用や労力が増えていく傾向にある。ロボット点検においては、適切な情報詳細度で管理され、維持管理計画やロボット技術発展とともに情報詳細度を向上させることが肝要となる。そこで、データマネジメントの観点で整理した、ロボット点検の習熟度を図1に示す。

(1) ロボットによる支援程度

従来の人間による目視点検と打音検診にて全て行われていた作業が、点検技術者に代わってロボットが取得した画像で損傷の有無を確認することからロボットの実用化が始まっている。また、最近では、損

傷の分類や計測、診断支援まで、ロボットが代替・支援する範囲が広がっている。

ロボットの支援程度が広がると、収集や蓄積・処理を行うデータ量が増大し、人間にとって読みやすい構造化データだけでなく、半構造化・非構造化データが増える。データ統合、分析がしやすいデータ形式の標準化が必要である。

(2) データモデリング

現在、ロボット点検で主流となっているのは、SfM (Structure from Motion) を用いて画像の取得位置を推定すると同時に3次元復元をする方法である。SfMとは、様々な視点で撮影された未整列画像群からカメラ位置と姿勢の推定をおこない、特徴点の3次元構造復元を行う技術である。また、レーザスキャナで直接的に点群を取得する方法もある。いずれの方法でも、点群モデルを基本とし、座標から損傷個所の位置の把握や計測が可能である。

点群モデルは、部材や構造を判別した配置情報を付与することが容易でないため、別の方法として、点検情報を3DCADモデルに関連づけることが考えられる。BIM国際標準であるIndustry Foundation Class (IFC)とその橋梁への拡張モデルIFC-Bridgeを基本モデルとし、点検情報を保持するための拡張モデルの構築が提案されている¹⁾。さらには、柔軟かつデータの統合性にも優れたセマンティックグラフモデルに基づく構成で、点検情報や損傷情報を対応付けることも考えられる。

(3) 情報デリバリー

ロボット点検によって情報量が増えると、従来の紙媒体やエクセル等で管理されていた帳票は扱い難いうえ、取得した情報が損失されてしまい、ロボット点検結果を十分に活かすことができない。橋梁管理者によっては、個別に業務システムを開発している場合があり、そのデータ形式は統一性や互換性に乏しく、閉じたシステムであるため、橋梁のライフサイクルをととして点検情報を活用できないことが問題

キーワード 橋梁ロボット点検, ビッグデータ, データマネジメント, SfM, UAV

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6
国立研究開発法人土木研究所 TEL: 029-879-6799

である。データ連携・活用や業務間連携をシステム構築の基本仕様に盛り込む必要がある。クラウドを用いて、管理者及び点検技術者等の関係者が必要な情報を素早く共有できることが期待されている。

3. UAV を用いたロボット点検のケーススタディ
UAV を用いたロボット点検を模擬的にを行い、ケーススタディとして、SfM ソフトウェアと 3 次元モデルの活用による撮影位置の推定及び画像管理の自動化を行った。その概要と、システムフロー概念図を表 1、図 2 に示す。

UAV を用いて取得した画像から、SfM による 3 次元モデル化やオルソ画像作成を行い、計測・分類した損傷を 3 次元で可視化した。(図 3) これらの画像や点群モデル、計測した損傷情報は、ブラウザで表示して、関係者間で共有することが可能である。取得した画像は点群モデルに対応付けられ、位置座標を保有している。その絶対座標の精度は±0.050m 以内である²⁾。位置座標で管理されたモデルは、損傷個所の相対的な位置関係把握が容易であり、また、従来点検より再現性のある点検記録の蓄積が可能、補修計画作成など次工程で活用できることを確認した。

4. 結論

本稿では、橋梁ロボット点検における 3 次元データマネジメントとその手法について提案を行った。
データ取得や運用にかかるコストの低減を図るため、ロボット導入と同時に、相互運用性が高いデータマネジメントを行うことが重要である。今後、ロボット点検の効率性や費用対効果、互換性を考慮した、人間とロボットのベストミックスを検証していきたい。

謝辞

本研究の一部は、共同研究であるイリノイ大学が開発する SfM ソフトウェア「Reconstruct」を使用した。ここに感謝の意を表す。

参考文献

1) 田中文基他 (2018)「橋梁点検・保守のための国際標準に基づく橋梁情報モデルとその web 配信システム (第 8 報)」, 2018 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集。
2) 下川光治他 (2019)「橋梁点検画像の 3 次元管理に関する考察」, 平成 30 年度建設施工と建設機械シンポジウム。

	LEVEL 0	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3	LEVEL 4
ロボットによる支援レベル	人間による点検診断 (従来点検)			劣化要因の把握	ロボットによる定量的診断支援
人間による作業	人間による作業				
ロボットによる支援					
データモデリング (モデル詳細度)	2D CAD	SfM 点群	LOD200,300	LOD350,400	セマンティック
データ互換性 相互運用性	—	測量データ	+ BIM モデル (IFC, XML)	+ 3D GIS (CityGML)	+ リアルタイム センサデータ
損傷位置の同期	要素番号	位置座標 (x, y, z)	IfcBridgeElement, Segment ...	+ Ifc 拡張による 損傷範囲	
情報デリバリー	紙、Excel、PDF	専用システム (オンプレ)	Web アプリケーション (クラウド)	API 連携	

図 1 ロボット点検の習熟度レベル

対象橋梁	土木研究所内橋梁 (L=40m、W=8m、H=7.5m)
使用カメラ	SONY α 7 II
撮影距離	3.0m
地上画素寸法	0.40 mm/ピクセル
ひび割れ幅	0.15mm 以上を確認可能
隣接写真重複率	80% (最も隣接する写真との重複範囲)
コース重複率	60% (撮影経路方向で写真が重複する範囲)
画像枚数	680 枚

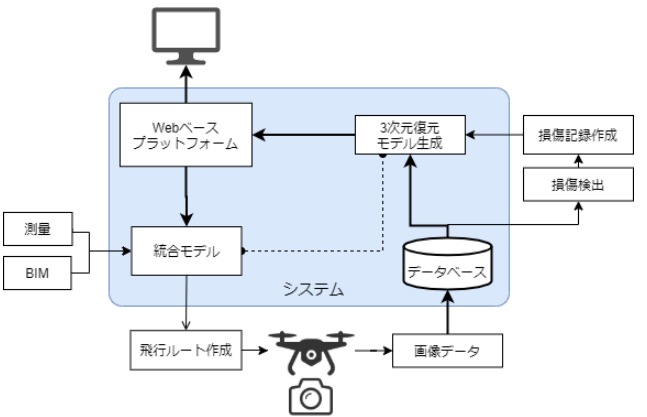


図 2 システムフロー概念図

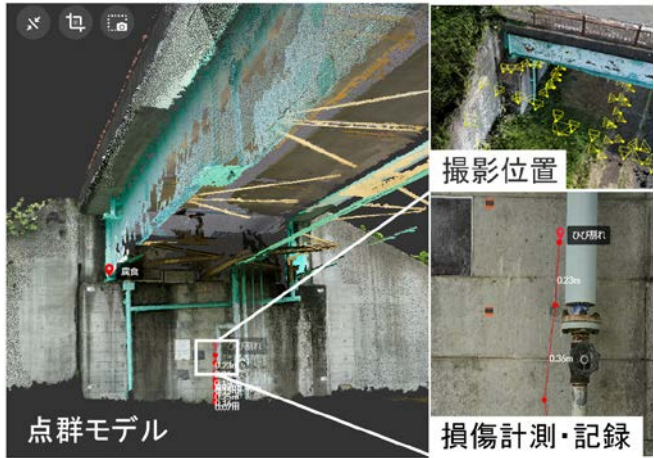


図 3 SfM 点群モデルと損傷計測