

# UAV・3Dモデルを活用した橋梁維持管理の効率化に関する一考察

山田 信吾・伊藤 均・舟山 淳起・大野 陽平

八千代エンジニアリング（株）名古屋支店（〒460-0004 愛知県名古屋市中区新栄町 2-9）

本稿は、橋梁維持管理分野の課題解決に向けた UAV・3Dモデルの活用による、①現地作業の効率化の可能性、②構造物モデル作成の試行、③モニタリング、補修設計への活用の可能性、について考察したものである。

**Key Words:** UAV, 点群データ, モニタリング, カーボンニュートラル

## 1. 背景・目的

近年、日本国内では老朽化橋梁数の増加に伴い、通行規制橋梁の増加、維持管理・更新費用の増加が想定される。一方で維持管理に携わる人員は減少傾向にある。したがって、費用、時間の不足は橋梁維持管理を行う上での課題とされ、特に日本国内の大多数の橋梁を管理している市町村においては、インフラメンテナンス国民会議：中部フォーラムで企画した自治体支援としての「小規模橋梁補修に関するテーマ」への積極的な参加希望自治体があったことから、維持管理に関する課題解決は喫緊のテーマであることが分かる。一方で、社会の持続性の観点からカーボンニュートラルの実現に向けた取り組みに関する機運も高まっており、CO2排出量の削減も意識していく必要がある。

従来の橋梁維持管理作業は技術者（エンジニア）の関与度合いが高く、情報のロスも大きい。これに対し、筆者らが考える UAV・3Dモデルを活用した橋梁維持管理のイメージを図-1に示す。現地確認は点検時の1回のみとなり、その後の工程は取得データから作成した Virtual 構造物を仮想空間内で共有・バージョンアップすることで効率的に各工程を行うことができる。

これによりエンジニアの関与（作業）を大幅に低減できると考える。また、構造物モデルを作成できれば橋梁全体の構造モニタリングも可能となると考えられ、Virtual 構造物は文化財等の重要構造物のアーカイブとするなど、副次的な効果も期待できる。

以上を踏まえ本稿では橋梁維持管理の効率化に関連する3項目について試行・考察した。

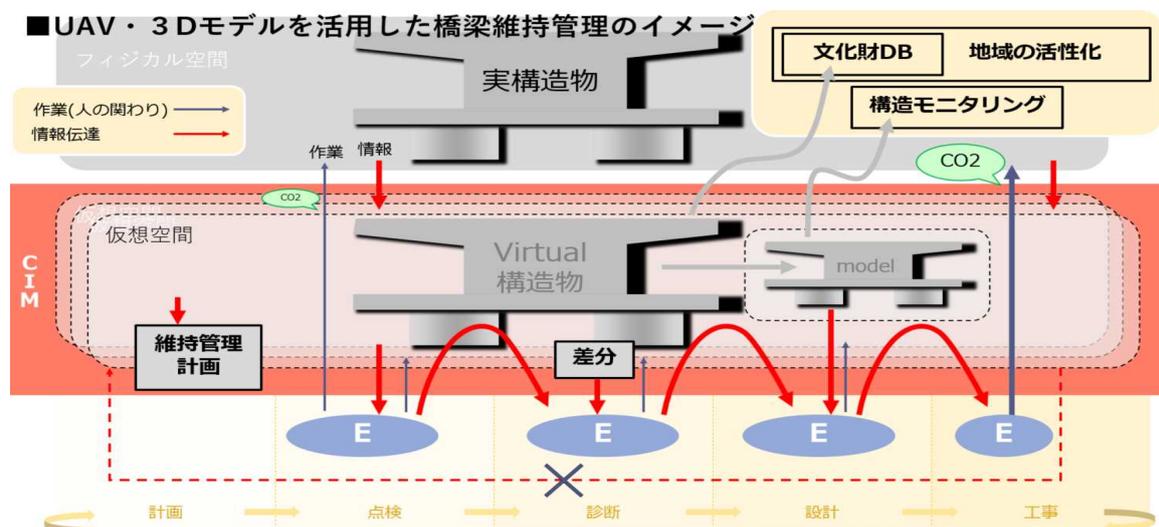


図-1 UAV・3Dモデルを活用した橋梁維持管理のイメージ

## 2. 現地作業の効率化

橋梁点検時の従来の橋梁点検車、高所作業車と UAV を用いた場合の作業時間と CO2 排出量を想定 2 橋梁で試算した結果を表-1 に示す。UAV を活用することで、従来の点検方法と比較し現地作業時間、CO2 排出量ともに大幅に削減できることが分かる。

また、交通規制も不要となり地元への影響も最小限に抑えることができるうえ、従来の点検方法のような高所作業がなくなることで労働災害の減少にもつながる。

表-1 点検時の作業時間・CO2 排出量の比較

橋長	項目	橋梁点検車	高所作業車	UAV
25 m	現地作業時間	5 時間	6 時間	2 時間
	CO2 排出量 (kg-CO2)	52	60	0.04
	交通規制	あり	あり	なし
15 m	現地作業時間	4 時間	5 時間	1 時間
	CO2 排出量 (kg-CO2)	44	50	0.02
	交通規制	あり	あり	なし

## 3. データ活用による構造物モデル作成の試行

今回、RC アーチ橋を対象とし、地上型レーザースキャナによる取得した点群データを図-2 に、UAV により撮影した写真より SfM 処理によりメッシュデータを作成した結果を図-3 に示す。この点群データを活用してアーチリブ等の部材寸法を把握し、その結果を耐荷性能把握のための構造物モデルに適用した。これにより橋梁点検車等が不要となり、交通規制や現地作業を削減するなど、効率的に構造物モデルが作成できた。また、現橋写真（図-4）と遜色無いデータが得られたことから、文化財等の重要構造物のアーカイブとしての活用が期待できる。

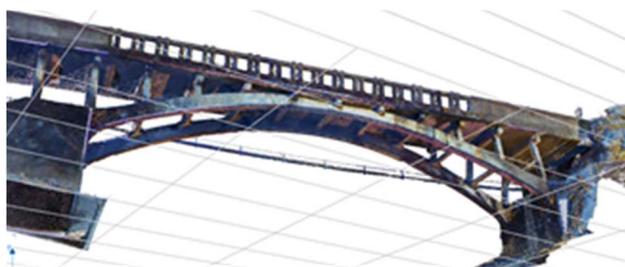


図-2 点群データ



図-3 メッシュデータ



図-4 現橋写真

## 4. モニタリング・補修設計への活用

点群データでは解析や数量算出が困難であること、また、属性情報の付与等、CIM に組み込むことを考えると、ソリッドモデルに変換する必要がある。点群データより再現性の高いソリッドモデルを構築できれば、構造解析との連携、変位・変形等のモニタリング活用、補修設計での利用が可能と考えた。現時点では点群データから TIN サーフェイスの自動生成まで実施しており、その活用事例と、今後のソリッドモデルの自動生成に有効となる点群データ編集の部分的な試行について報告する。

### a) 補修設計への活用

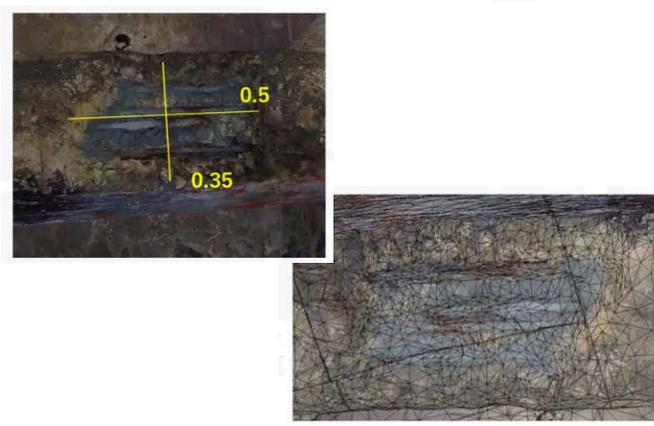
剥離・鉄筋露出の損傷を対象に、断面修復のソリッドモデルを作成して数量を算出した。

図-5 に示す通り、メッシュデータにより近接目視と同等の損傷把握、寸法把握が可能であるとともに、これをソリッドモデルとすることで、断面修復体積（補修数量）を算出できることが分かった。

従来は最大寸法、想定厚さから補修数量を算出していたが、これにより正確な数量算出が可能となるとともに、Virtual 構造物を施工業者と共有することで、数量算出自体の手間が軽減され、補修設計者は材料情報を Virtual 構造物に付与するのみとなる。

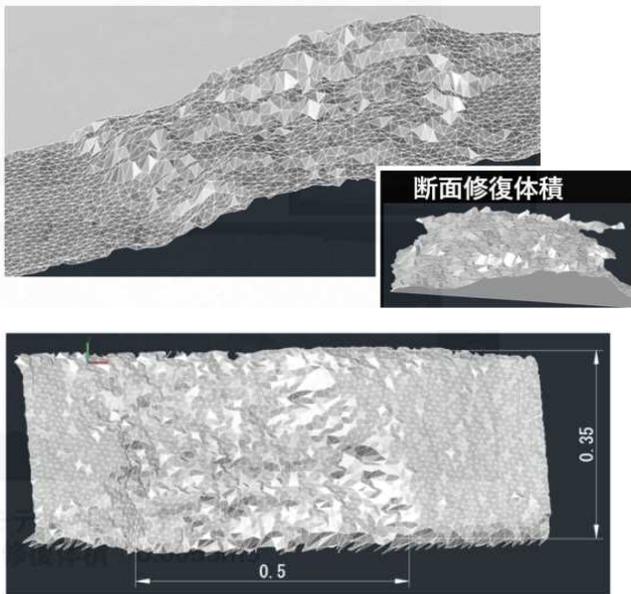


近接撮影（橋梁点検時）  
 損傷寸法 500×350



メッシュデータ  
 損傷寸法 500×350

図5 近接目視結果とメッシュデータ



3Dモデル 損傷寸法 500×350  
 断面修復体積 0.0055m<sup>3</sup>

図6 ソリッド化による補修数量の算出

b) 点群データからのモデル自動生成

今回収集した橋梁の点群データのうち、床版の一部を図-7に、点群データの諸元を表-2に示す。このデータの

中には損傷部分のデータやノイズも含まれるため、床版面の設定方法が課題である。床版面の設定を点群データとの誤差が最小となるよう、回帰分析により平面構築すると、損傷部分のデータやノイズの影響を受けた平面となる。そこで、筆者らは点群データから任意の3点を抽出して設定出来る平面の中で、点群との誤差が小さい点の出現頻度が最も高い平面を抽出することとした。

筆者らの採用したアルゴリズムの精度確認として、108,197点のデータからランダムに20,000点を4ケース抽出し、それぞれのケースでアルゴリズムを適用した。今回の確認では、各ケースの20,000点から任意の平面を5,000パターン設定し、その中で点群との誤差が小さい点の出現頻度が最も高い平面を抽出する。表-3に各ケースで抽出した平面方程式( $ax+by+cz+d=0$ )のパラメータと、ケース1の平面との角度差を、図-8に平面設定結果を示す。ケース1から4はランダムに抽出した点であるものの、同様な平面が設定でき、かつ、回帰分析で設定した平面ではケース2~3の平面と比べ、ケース1の平面との平均距離が約8倍になっていることから、回帰分析による平面とは異なる平面設定となっていることがわかる。

ケース1から4において同様な平面が設定できたことから、本アルゴリズムによれば再現性の高い平面が点群から構築でき、この平面を活用することで、再現性の高いソリッドモデル生成が期待できる。

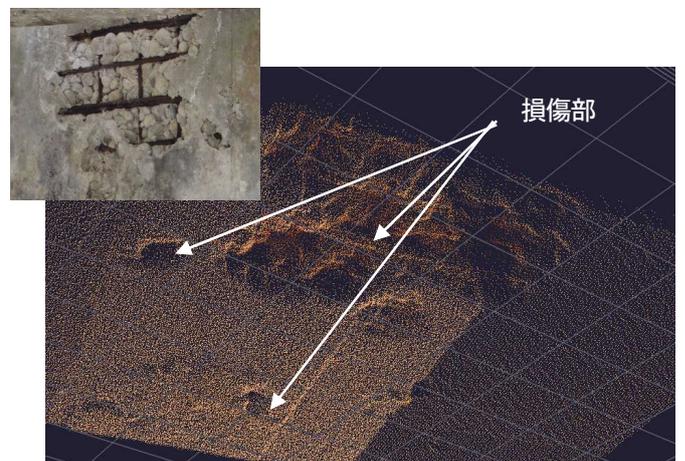


図-7 分析対象点群（床版部）

表-2 点群データ諸元

点数	108,197点
サイズ	1,400mm×1,000mm
x座標(m)	-84495.601 ～ -84494.309
y座標(m)	29728.456 ～ 29730.028
z座標(m)	387.904 ～ 388.002

表-3 平面方程式のパラメータとケース1の平面との角度差・平均距離

ケース	1	2	3	4	回帰分析
a	-0.001837	-0.002515	0.003727	0.002521	-0.007147
b	0.005113	0.006611	-0.006584	-0.005900	0.005094
c	-0.999985	-0.999975	0.999971	0.999979	-2.075809
d	80.705386	-21.130868	122.695481	0.491922	49.939102
ケース1との角度差(rad)	---	0.001644	-0.002394	-0.001043	0.003103
ケース1との平均距離(mm)	---	0.000390	0.000218	0.000336	0.001758

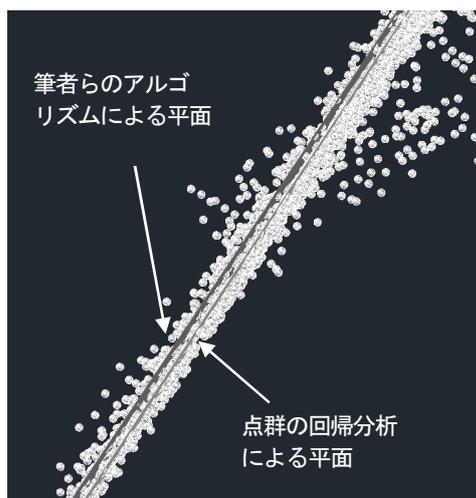


図-8 平面設定結果

## 5. まとめ

以上より、3D モデルを活用した橋梁維持管理を確立できれば、モニタリングによる構造不安定検知や、簡易な補修であれば設計を行うことなく施工業者に情報が引き継がれ、補修工事が実施され、また、構造的な問題を有する損傷については Virtual 構造物から作成した 3D モデルにより解析を行うといった、維持管理サイクル全体での効率化が実現すると考えられる。

さらに、UAV・3D のモデルの活用は、維持管理の効率化のみならず、カーボンニュートラルの実現、文化財等の重要構造物の保存、労働災害の減少にも有効であると言える。

今回は部分的な試行のみの報告であるが、今後はより具体的なモデル作成・解析・数量算出等の省力化について検討・試行を行っていく予定である。

### 〈参考文献〉

- 1) 高山、石丸、水津、伊藤：RC アーチ橋の維持管理を目的とした UAV によるデータ取得と模型作成