

# UAV を用いた橋梁点検

## 3D デジタル納品の普及を目指して

加藤 直也・光田 徹治

インフラ点検のロボット化は、点検作業をロボットが代替／支援することに留まらず、データの扱いや報告形態のデジタル化をもたらすと考える。そして、データ活用は点検の前後工程との連携によって時間的・空間的に用途と価値を拡大していく。本稿では、点検サービスの事例と課題、そして将来の期待を述べる。

キーワード：橋梁点検, UAV, 3次元モデル, オルソモザイク, 点検 AI

### 1. はじめに

働く人の減少と高齢化は社会課題であり、作業代替／支援ロボットの開発と導入が進んでいる。また、昨今の DX 化の流れや AI 技術の進歩を見ると、精緻な 3D デジタルデータを活用した構造解析や時間差解析を可能とし、点検士の損傷診断に示唆 AI の活用が進むと期待されている。

i-Construction や国土交通データプラットフォームの構想が国土交通省から示され、電子納品へと舵は切られた。本稿では異分野から土木点検の新技术開発に挑んできた者として考えを述べる。

### 2. 開発と事業化の経緯

2015 年に UAV を用いた橋梁点検ロボットの開発に着手し、2017 年からは SIP の技術開発実証に参加、2019 年からは土木研究所や先端建設技術センターの実証に参加して開発技術の適合を進めた。そして

2019 年の秋には橋梁点検サービスをスタートさせた。

### 3. 橋梁点検システム

橋梁の歪み・ズレを検知するマクロ点検とひび割れ検知などのミクロ点検を実施し、隣接部材や内部鉄筋との関係性が重要な損傷を構造解析し、損傷進行を時間差解析するために、SfM (Structure from Motion) 技術を用いた 3 次元モデルやオルソモザイクのための撮影技術と画像技術を開発してきた (図-1)。また、運用にあたっては、高精度な位置制御性を有する自動飛行システムを用い、安全かつ効率的な空撮業務をマニュアル化しており、機体・空撮チーム・画像処理を一気通貫で開発している。

#### (1) 機体

- ① 0.1 mm レベルのひび割れ撮影：橋梁部材に所定距離まで近接
- ② 網羅撮影写真から SfM 処理：所定のラップ率維

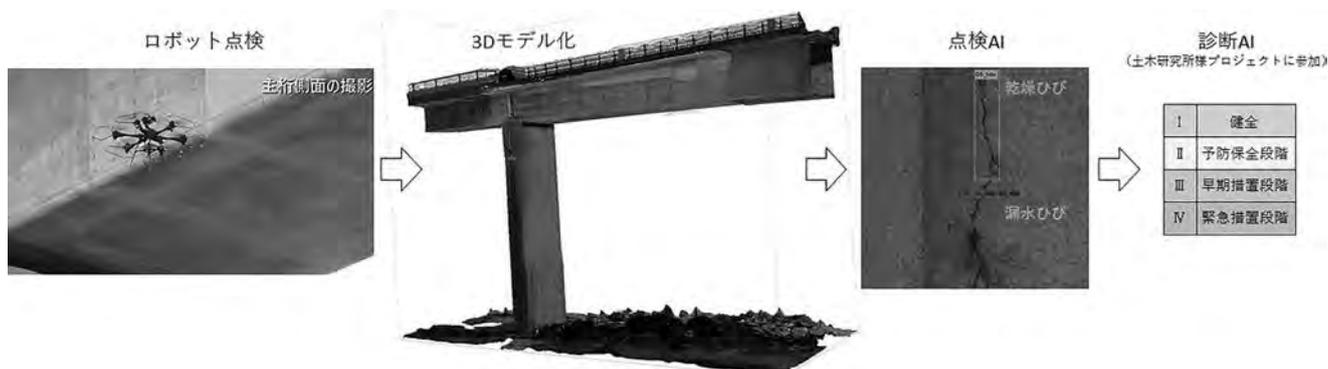
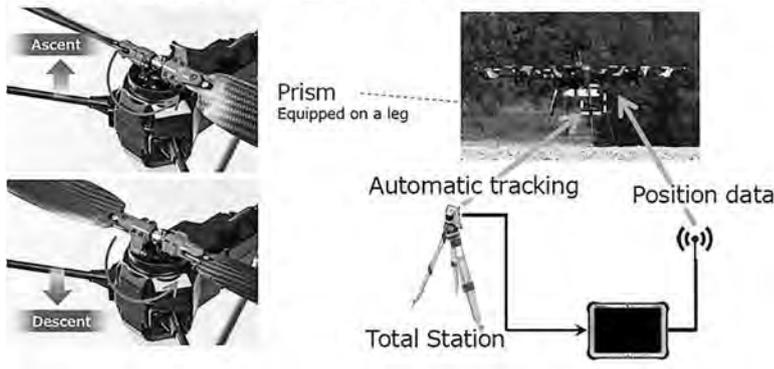
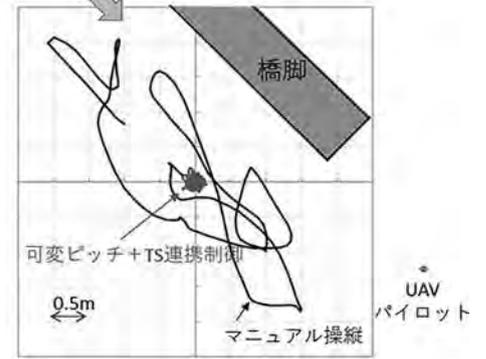


図-1 ロボット点検から 3D モデル化, AI 解析の流れ (構想)

可変ピッチ翼構造 + TS連携自己位置フィードバック制御

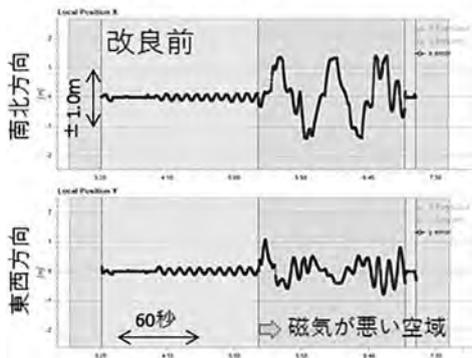


風速10m/sでの橋脚近接での定位性能



図一2 強風、非GPS環境での定位性向上技術とその性能

目標航路とのズレ



図一3 磁気環境が悪化する空域での定位性能

持

③高精密な画像合成：被写体との距離，撮影角度，移動座標と移動速度を設定値に制御

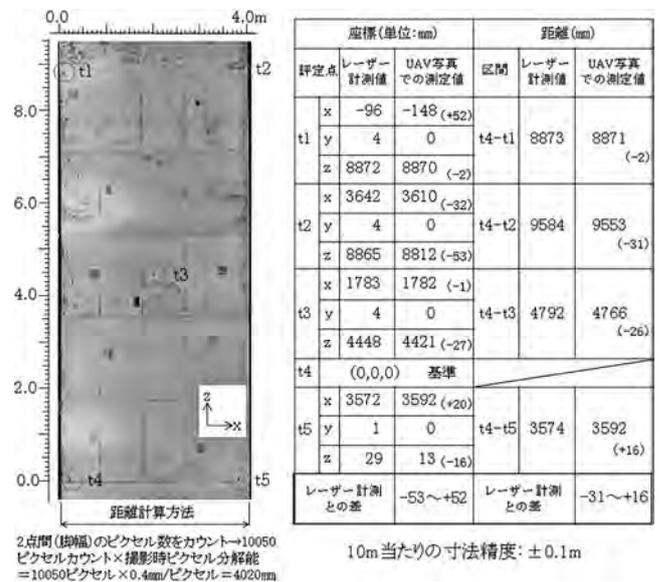
①②③を可能にする自動飛行・撮影が必要となる。UAVの自動飛行は様々な方法で実用化されているが、橋梁近傍では、風や埃，強力な妨害電波もしくは電波信号系の遮断，微弱な電気信号型センサーへのノイズなどが，自動飛行性能に影響する。機体：XDC02は，橋梁周りの風の乱流，非GPS環境，コンパスエラーに強いシステムとしている（図一2，3）。

(2) 空撮チーム

パイロット，カメラオペレータ，監督で構成される空撮チームを対象として，教育・訓練カリキュラムを作成し，これを修了した社外チームに業務委託している。

(3) 画像処理

3次元モデルの寸法精度は±0.1m@10mで，橋梁の歪み・ズレを検知し，損傷位置を特定できる（図一4）。精細度は，オルソモザイクで元写真を再現し，0.1mmと0.2mmのひび割れ判別が可能である。ま



図一4 オルソモザイクの寸法精度

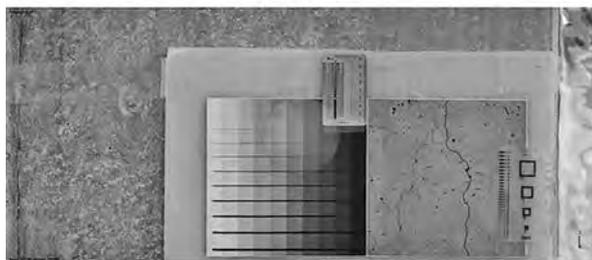
た3Dモデルは，0.1mmのひび割れの存在が確認できるので，全体スクリーニングが可能である（図一5）。

4. 点検サービスの課題

構造物の劣化を解析し適切な予防保全のタイミング



①ひび割れテストピース (ひび幅0.2mm)



②クラックシート (左側一番上の線幅が0.1mm)

図-5 3Dモデルの画像精度

を知るために、3Dモデルを用いて経過観察するのが有効な手段である。なお、2Dアナログ納品に対する変化点として、3Dデジタル納品では診断根拠になる損傷、まだ軽度の損傷、さらには異常がない部位、すなわち全映像が残り、いつでも簡単に見たい部位の状況把握が可能になると言われているが、そのデータ活用法は明確でない。そして点検の価値向上として、全損傷が記録されている3Dデータを後工程の補修で活用する、前工程である検査時から同等のロボット点検・デジタル記録を行ってライフサイクル管理を実現する、などが挙げられているがまだ具体的ではない。この状況においては、3Dモデルは2Dアナログデータの理解支援ツールに留まり、普及が進まない。

そこで、発注側がまだ認識していない3Dモデル技術の見える化・活用体験が、ロボット点検と3Dデジタル納品を普及させる鍵になるのではと考える。また、地方自治体や私企業敷地内の橋梁においては、橋梁や部位の重要度に応じて、点検の目的と方法(どんな損傷を検出するのか)をセグメント化する議論を行うのも、受容性を高める可能性がある。何よりも、発

注者と受注者が現場に集い実証の中で意見を出し合っ、新しい点検方法を具体化し共創していくことが貴重なことである。以下、実証や打ち合わせにおいてシーズ技術を用いて、発注・受注間でユースケースを共有できた事例を紹介する。

#### 事例1 3Dモデルやオルソ画像の写真合成精度への納得性向上

現場では、UAVは設定航路を飛行しているだけで、どんな写真が撮れているのか、が発注者にはわからない。そこで、対象橋梁の3Dモデル画面にそれを構成する写真群を示し、アーチ状の主桁下面に倣うように高度を変えて離隔を一定に保ち、オーバーラップ、サイドラップも一定な撮影が行われたこと、これを拡大していくと個々の写真が同定でき元写真と写真情報(位置座標など)が確認できること、3Dモデルが元写真を再現していること、を発注者にご理解いただけた(図-6)。そして、3Dモデル上で拡大し場所を変えていくことで、図-5の①②のレベルでひび割れ解析が可能であることも経験していただけた。

#### 事例2 時間差解析の模擬体験

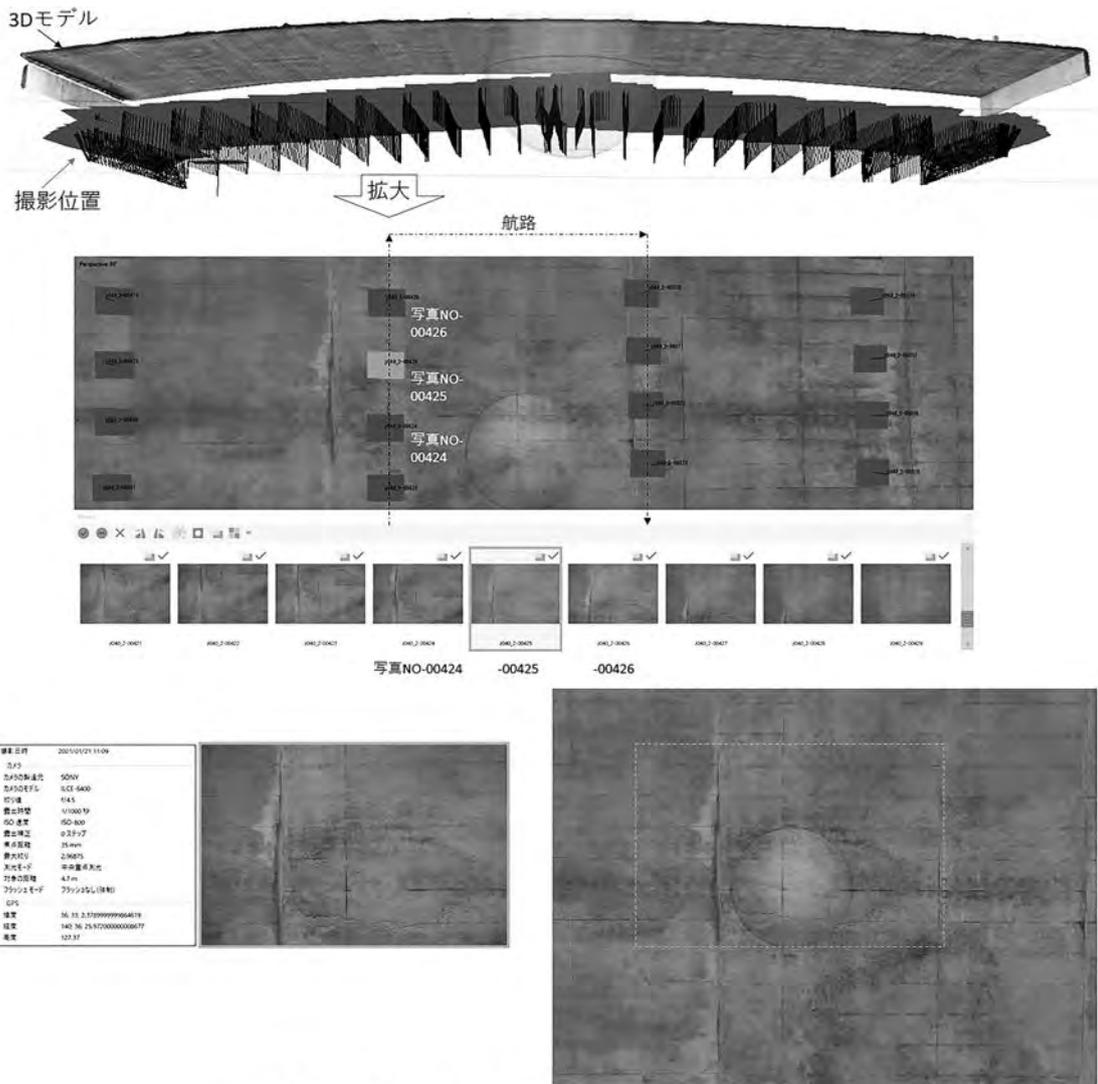
2019年12月と2020年11月に同じ橋梁で実証実験が行われた。3Dモデル画像を比較し、損傷の進行解析についてどの程度のことのできるのか、を模擬体験した。ただし、11か月では顕著に進行した損傷は見つからなかったため、2回目の実証時に発注者が橋脚に貼り付けたクラックシートを進行型損傷と見立てた(図-7)。

#### 事例3 3Dモデルの操作体験

3Dモデルを用いた点検では、画像の均質性と操作スピードが重要である。そこで、福島ロボットテストフィールド試験用橋梁での作成画像を用いて、3Dモデルを操作しオルソ画像でひび割れを採寸する体験をしていただき、事前の理解活動に役立てた。今後はWebサイトや展示会で体験可能にしていき発注者の採否判断の一助としていきたい。

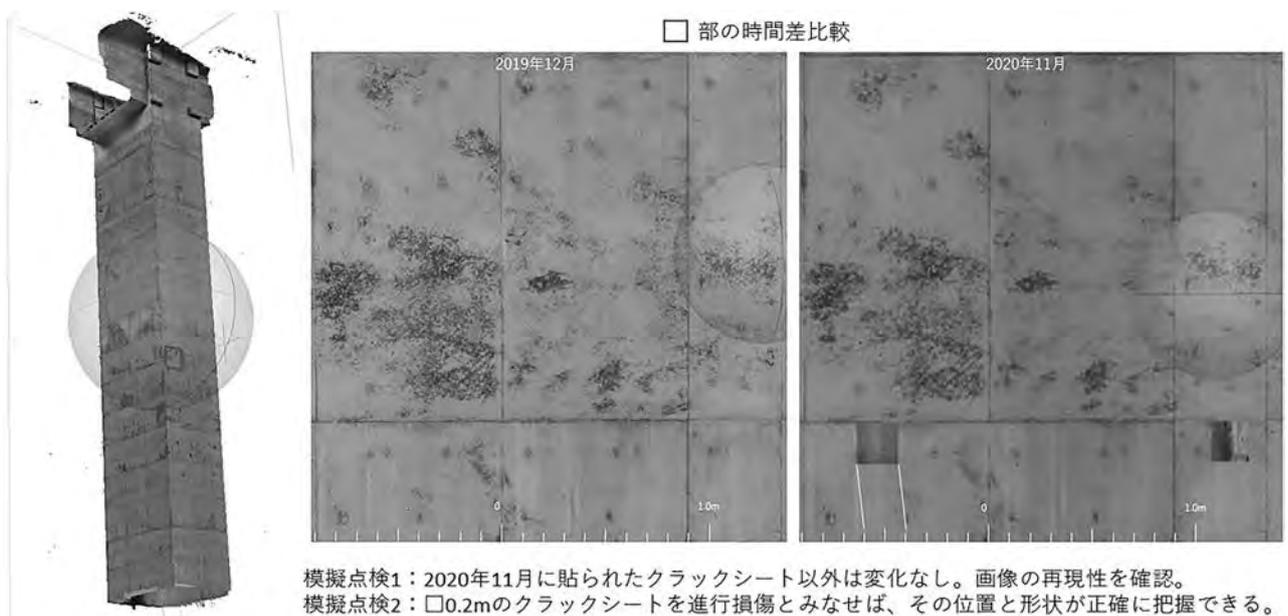
#### 事例4 安全作業アピール

発注者および民間の理解や共感を得るためには、その成果の大きさや利便性に加えて作業安全が重要となる。現在、機体システムについては安全性を含めて認可制が検討されているが、点検作業を行う人についても免許制などを題材に、サービスのあり方として規定・認可される仕組みが期待される。



元写真 (写真NO00425) ↔ 3Dモデル (当該部)

図一六 3Dモデルと3Dモデルを構成する写真群、元写真と3D画像の比較



模擬点検1：2020年11月に貼られたクラックシート以外は変化なし。画像の再現性を確認。  
 模擬点検2：□0.2mのクラックシートを進行損傷とみなせば、その位置と形状が正確に把握できる。

図一七 時間差解析の模擬体験



図-8 点検チーム育成

作業員としては、機体を操作するパイロットだけでなく、撮影を行うカメラオペレータ、全体の安全監視を行う監督を1チームとして、社内で規定した教育と訓練を行っている（図-8）。

今後は、システム完成度の向上に従ってチーム構成と役割を最適化していく。

## 5. おわりに

精密な3Dモデルやオルソを作るための、飛行・撮影方法と画像処理の基本的な技術とノウハウは揃った。今後は、空撮から解析までのシステム完成度を向上し、3Dデジタル納品の普及や前後工程を含めての橋梁のライフサイクルコスト低減につながる予防保全化に貢献したい。

また、眼前の橋梁点検サービスにおいては、お客様の要求レベルに柔軟に対応できる点検システムとしていく。

## 謝辞

最後になりますが、実証実験の機会を与えていただいた岐阜大学SIP関係者の皆様、各務原市様、土木

研究所様、鳥取県様、土木研実証実験に際して計画立案とアドバイスをいただいた計測リサーチコンサルタント様に誌面を借りて謝意を表します。

JCMA

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省, 橋梁定期点検要領, 2019.3
- 2) 平井雅尊, 光田徹治, 加藤直也 非GNSS環境で高精度自動飛行するUAV 日本機械学会誌 2018.11 Vol.121
- 3) 国土交通省, 点検支援技術を用いた3次元成果品納品マニュアル(案) [橋梁編], 2000.3
- 4) 国土交通省, 点検支援技術性能カタログ(案) 2000.6

### 【筆者紹介】



加藤 直也 (かとう なおや)  
 (株)デンソー  
 まちづくりシステム開発部  
 UAVソリューション事業推進室  
 担当部長



光田 徹治 (みつだ てつじ)  
 (株)デンソー  
 まちづくりシステム開発部  
 UAVソリューション事業推進室  
 室長