

ロボット技術を活用した橋梁点検の成果報告会

2020年7月31日（金）14：00～16：30

とりぎん文化会館1階第一会議室

ロボット開発成果報告（淵見大橋）

（株）計測リサーチコンサルタント
クリエイティブ事業部
木本 啓介 博士（工学）

 KEISOKU
RESEARCH
CONSULTANT CO.

実証試験の目的

ロボット点検の特徴

- 現地で、ロボットが、損傷の有無を判断することなく、網羅的に撮影
 - 屋内で、点検技術者（将来はAI）が、ロボットが撮影した画像から、損傷の有無を判断し、損傷や形状を記録
 - 新規の損傷は、損傷発生前の前回画像との比較が可能
- ロボット利用により、点検の高度化が可能



網羅的な撮影結果を、分かりやすく伝える、3Dモデルが有効



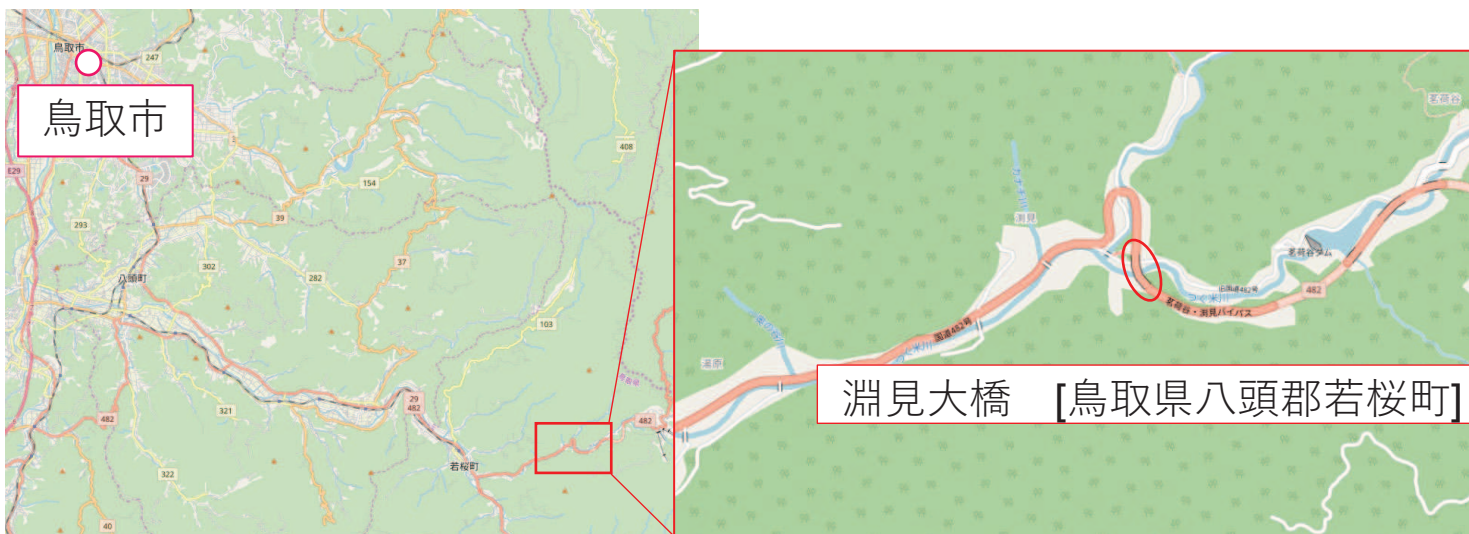
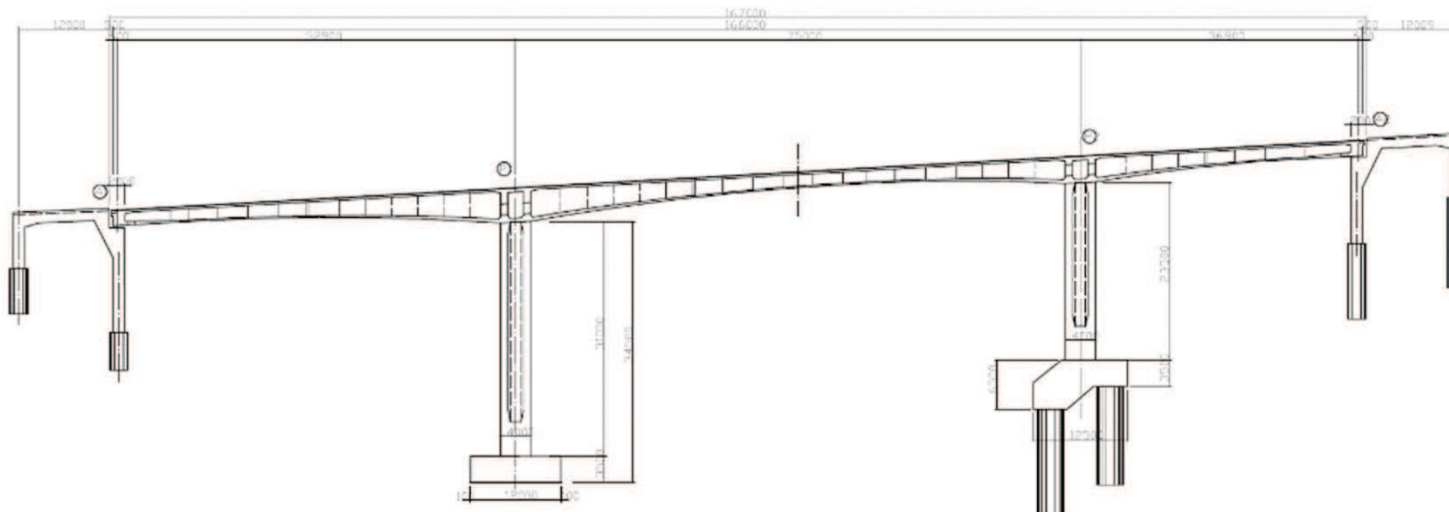
ロボット点検による撮影画像から、橋梁全体の3Dモデルを作成を試行

点検技術者による近接目視の特徴

- 現地で、点検技術者が、損傷の有無を判断し、損傷箇所のみを撮影し、損傷位置や形状を記録
- 新規の損傷について、前回画像との比較は不可。
（前回の点検結果に記載されていないものが新規損傷）

淵見大橋 概要

【淵見大橋】 2001年架設 鳥取県八頭郡若桜町淵見 (緯度35° 20' 46" 経度134° 27' 04")
PC3径間連続ラーメン箱桁橋
橋長：167m 全幅員：9.2m P1 H=31.0m、P2 H=23.5m
国道482号、自動車交通量629台/日



淵見大橋 状況写真



当区域はDID 地区非該当だが、UAV が対象物と30m 未満の飛行を実施するため国土交通省への申請が必要

作業の流れ

調査計画 現地踏査

飛行ロボットの選定

現地踏査による架橋環境の確認、制約条件、要求成果物

画像撮影計画立案

フライトプラン、安全管理基準の作成等 計画書の作成

事前準備

【協議】 関係各所との協議、道路占有申請、警察手続き、現地撮影時の交通誘導員の手配

【現地準備】 標定点設置、標定点の測量、フィールド整備（除草等）

アサヒコンサルタント様協力

現地計測

- ・ デンソー 可変ピッチ型ドローン（近接画像）
- ・ 計測リサーチコンサルタント ドローン（遠景画像、3D計測）

※近接画像
0.2mm幅のひび割れが視認可能な分解能を有した画像

画像撮影

3Dレーザ計測

データ処理

SfM/MVSによる画像解析

橋梁の3Dモデル作成

部位毎に展開（オルソ）画像

損傷評価

損傷図作成 損傷程度

展開画像を用いたバーチャル近接目視点検による損傷図作成、損傷評価

考察・基本手順の検討

効率的な近接・遠景画像撮影方法や遠景モデルと近接画像のリンク手法の考察

飛行ロボット選定時の評価基準

インフラ点検、特に橋梁点検に用いるドローンは、i-Constructionの出来形管理に用いるドローンより高精度な性能を有していることが求められる

	橋梁点検に用いるドローン	i-Construction出来形管理に用いるドローン
目的	損傷確認 (0.2mm幅のひびわれなど)	形状確認 (cmレベル)
飛行場所	構造物周辺 (接触～数m)	上空50m程度
制御方法	非GNSS方式	GNSS制御
難易度	高い 構造物への接触等のリスク	(左記より) 低い 自動航行が可能

- 撮影画像から0.2mm幅のひびわれのような微小な色情報を精度よく抽出するために、対象構造物に接触もしくは数メートル離隔で画像等の情報を取得する必要がある。
⇒高精度な位置制御方法
- 橋梁下面など非GNSS環境下で飛行可能なシステムを有していること

飛行ロボット選定時の評価基準

①近接機能：オペレータの技量に依存せず安全に対象に近接すること

オペレータ依存の場合、計画位置へのロボットの誘導や所定の撮影距離確保に非常に高度な操縦技術が必要となり安全性・再現性・安定性に欠けるため、計画した撮影距離を自動で一定に保ち近接画像を取得可能なロボットを選定する。

②位置制御機能：安定的に均質なデータが取得できること

撮影距離を維持しつつ欠落のないよう撮影対象部位を、網羅的に画像撮影を行うことと、SfM/MVSによる3Dモデル構築を考慮したオーバーラップ60%、サイドラップ50%以上の連続画像撮影が確保できる安定的な飛行が可能なロボットを選定する。

③計測性能：損傷評価に資する品質のデータが取得できること

橋梁定期点検要領（国土交通省平成31年3月）における近接目視による点検相当の画像として、0.2mm幅以上のひびわれおよび色情報により画像から判読可能なその他の損傷を抽出することが可能なロボットを選定する。ただし、目標とする撮影画素分解能は、選定したロボットの制約条件や現地作業性などを総合的に考慮し、設定する。

④安全性能：第三者被害を与えないこと

安全対策の観点から、ロボットが何らかの原因によって制御を失った場合においても第三者に被害を及ぼさないように緊急対応する機能を有したロボットを選定する。

飛行ロボット選定時の評価基準

撮影画素分解能

抽出対象となるひびわれ幅の3倍程度の画素分解能が必要
0.2mm幅のひびわれの場合、0.6mm/画素より高分解能で撮影

画像ラップ率

SfM/MVS解析による画像から3次元モデルを生成し、展開画像を作成するためには
オーバーラップ80%程度、サイドラップ50%程度のラップ率での撮影が必要

対象橋梁の構造形式、構造諸元、架橋環境等を踏まえ、前ページ①～④の機能・性能を有することを評価基準とし、適切なロボットを選定

選定した機材

デンソー製橋梁点検ロボット

点検支援技術 性能カタログ掲載
UAV を用いた近接撮影による橋梁点検支援システム
BR010012 - V0020



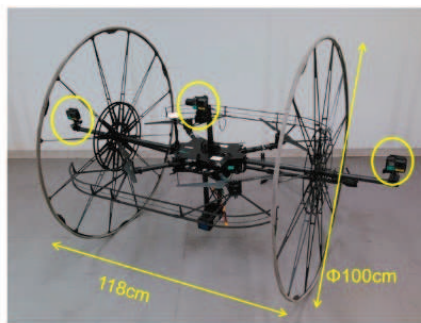
近接画像撮影

淵見大橋で実施

大きさ 1500×1500×525mm

富士通製橋梁点検ロボット

点検支援技術 性能カタログ掲載
二輪型マルチコプタ及び3D技術を用いた点検データ整理技術
BR010021 - V0020



近接画像撮影

茨城の橋梁で実施

大きさ 1180×1000×1000mm

DJI製UAV



橋梁全体のSfM/MVSによる
モデル化のため遠景画像撮影

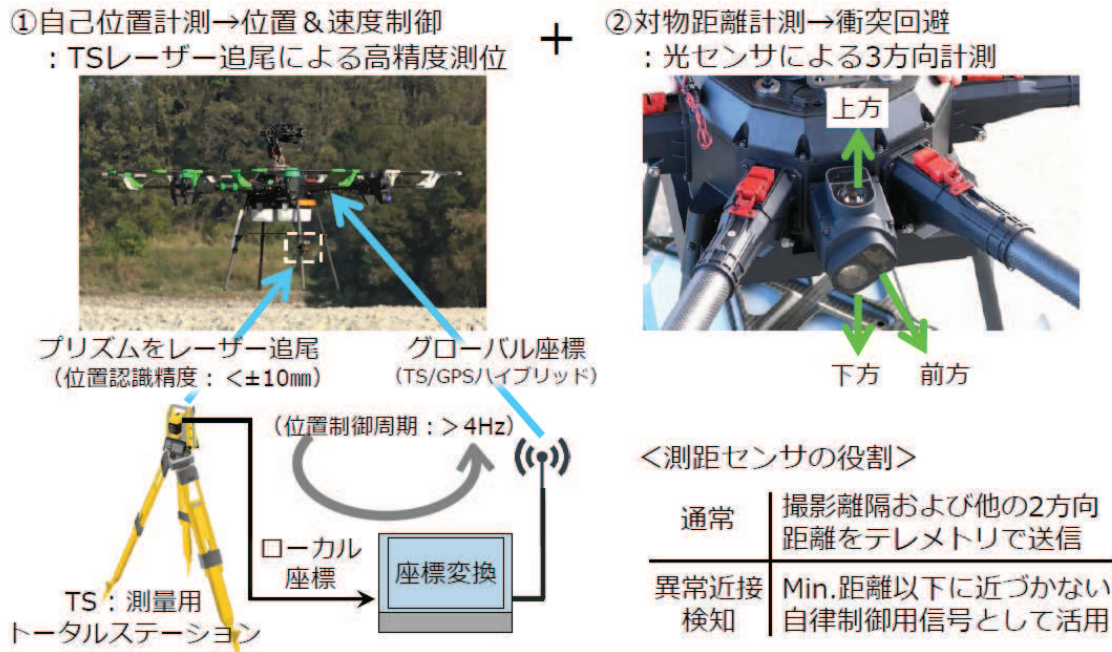
大きさ 883×886×398mm

デンソー製橋梁点検ロボット

可変ピッチプロペラの採用による抗風性能の向上と、機体位置のレーザ追尾による自己位置フィードバック制御により、橋梁近傍の乱流や上昇気流内において高精度な定位性能を実現。（水平方向±0.3m、上下方向±0.1m @最大風速10m/s）

カメラは機体の上方または下方に搭載し、ジンバルにより撮影方向の3軸制御が可能。

項目	諸元
名称と形式	XDC02、可変ピッチ型18インチ翼×6のマルチコプタ
大きさ、重量	1500×1500×520mm、9.0kg
ペイロード、飛行時間	2.0kg×15分 主な搭載物：カメラ・レンズ+ジンバル+送受信器+外界センサ
航路制御	TSレーザ追尾&GNSS&対物センサを用いた自己位置フィードバック方式による、位置と移動速度の制御
耐風性能	±0.3m (x、y、z) @最大風速10m/s、TSレーザ追尾式位置制御時



デンソー製橋梁点検ロボット

①近接機能

事前に測量で取得した対象物形状を元に作成したフライトプランに従いUAVは自動で飛行
測距センサが上方、下方、前方に配置され、設定距離以上に近接しないよう制御

②位置制御機能

予め設定したフライトプランに従って飛行
飛行中は、基地局に据えたトータルステーションが常時UAVに設置されたプリズムを自動追尾
連続的な位置制御のため、飛行速度の制御も可能であり、所定のラップ率を有した画像撮影が可能

③計測性能

一定距離を維持し、焦点のあった鮮明な画像を安定的に取得
上方・下方にカメラの搭載が可能な構造となっているため、橋梁全面の撮影に対応

④安全性能

ジオフェンスによる逸走防止、位置ロスト時や電池残量低下時の自動降下など複数のフェイルセーフを有す。

適用条件（2020年1月時点）

- ・ 事前に対象構造物の測量作業が必要
- ・ 基地局となるトータルステーションを設置するための不動点が必要
- ・ 基地局からの制御可能範囲 距離<70m、仰角<60度

※2020年7月時点では、技術開発により距離<150m、仰角<80度での飛行が可能となったとの情報を聞いています。

遠景撮影に用いたドローン

遠景画像撮影は、橋梁点検ロボットでの撮影は困難なため、一般的なDJI製のドローンを用いた。衝突回避用の距離センサを搭載した機種を選定



DJI MATRICE 210 V2

項目	仕様
名称	DJI社製 MATRICE 210 V2
重量	約4.8 kg
最大離陸重量	6.14 kg
最大風圧抵抗	12m/s
最大飛行時間	約24分(最大ペイロード時)
サイズ	883×886×398 mm (プロペラ、ランディングギア含む)
搭載カメラ	ZENMUSE X7
衝突検知	下方ビジョンシステム 上方赤外線検知システム 前方ビジョンシステム
カメラ諸元	
センササイズ	APS-C 23.5×15.7 mm
画素数	6000×4000ピクセル

関係各所との協議

現地調査を円滑に進めるために、関連自治体や地域住民との協議を実施

- 鳥取県県土整備部
- 八頭県土整備事務所（橋梁利用、道路占有）
- 若桜町役場（橋梁利用、道路占有）
- 周辺住民への周知
- 国土交通省航空局（航空法許可、UAV飛行
- 実施者が申請）

安全管理

- SIP インフラ江島大橋プロジェクトにおいて策定した「実証試験における安全管理」を引用し、新たに作成した「安全管理」に則り実施。
- 近接画像撮影時には、周辺道路の安全監視員を配置

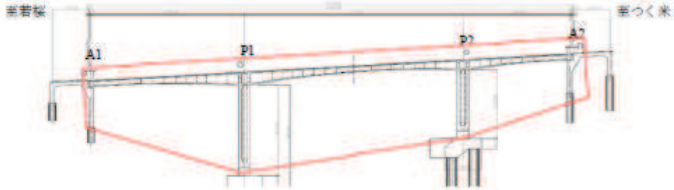
瀬見大橋点検に伴う交通規制のお知らせ

平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼申し上げます。
この度、下記のとおり点検技術開発のため瀬見大橋のドローンを使用した試験点検を実施します。点検時には**片側を通行止めとし、片側交互通行**の交通規制をして作業を行いますので、通行される際にはご注意ください。近隣住民及び瀬見大橋利用者の皆様には大変ご迷惑をおかけしますが、ご協力の程よろしくお願い致します。


記

○調査名 瀬見大橋における橋梁点検支援技術実証試験

○点検範囲 瀬見大橋の次に示す範囲にて、ドローンによる橋梁点検を実施します。



○交通規制 **片側交互通行（作業中のみ）**
※ドローン点検のために橋上作業が発生する場合のみ交通規制します。
※交通誘導員の誘導に従って通行願います。
※調査の内容によって、通行止めの範囲を変更する場合があります。

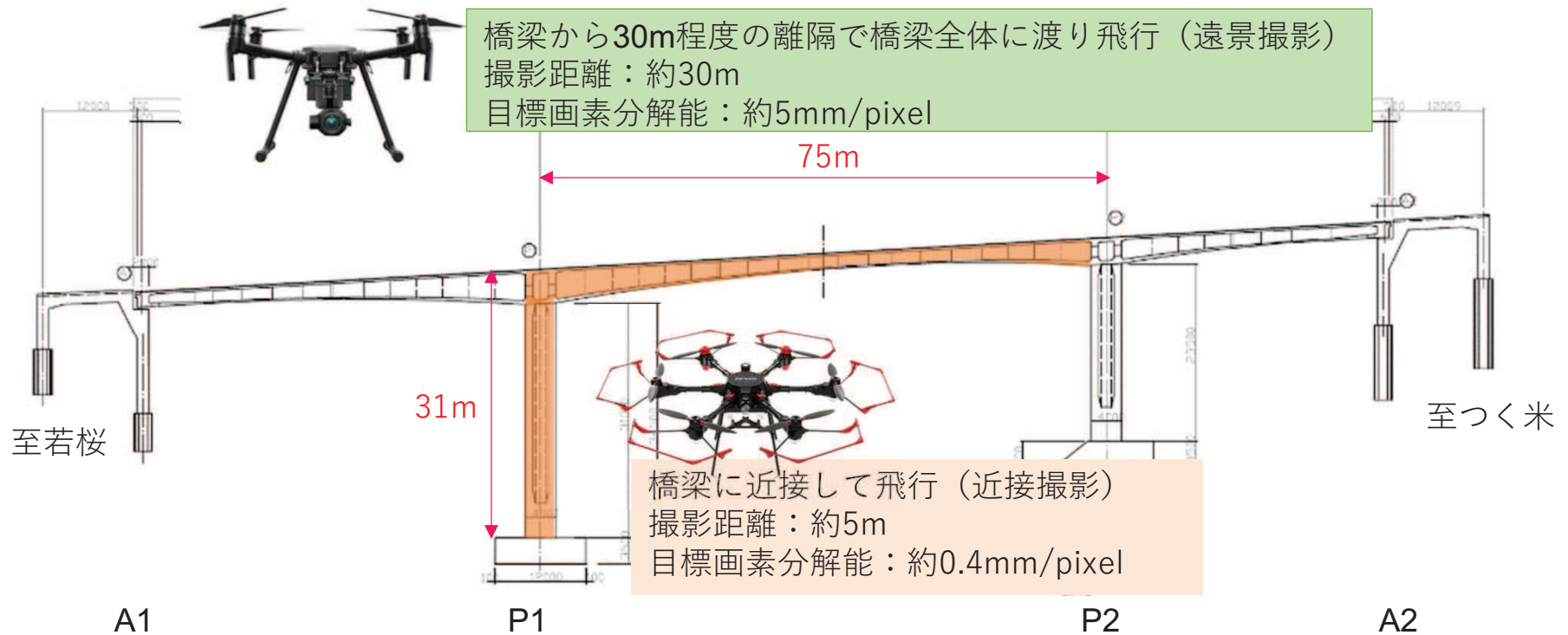


規制範囲

○点検期間 令和元年11月25日（月）～12月20日（金）
午前8時から午後5時
※瀬見大橋のドローンを用いた点検時の交通規制は、この期間のうちの7日程度を見込んでおり、さらに安全にロボット操作ができる風が穏やかな時間帯に絞る予定です。

○連絡先
株式会社計測リサーチコンサルタント TEL082-899-5470
調査責任者：木本啓介
鳥取県県土整備部技術企画課 TEL0857-26-7362
担当：藤井 優

作業工程と撮影範囲

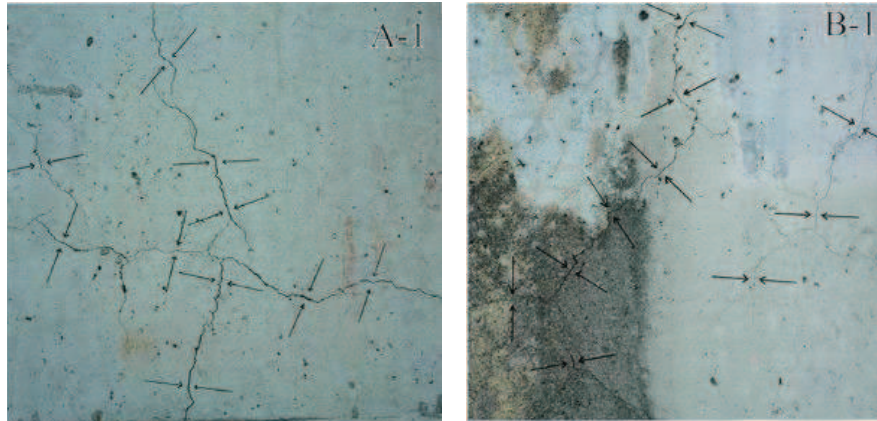


近接撮影：2020年12月3日～13日のうち5日間
（12月3日～7日、12日は悪天候により実施不可）

遠景撮影：2020年12月9日、10日（近接撮影の間に撮影）

事前準備

- 高所作業車によりアクセス可能な橋脚に精度確認のためひび割れ画像シートを設置



各画像内**10箇所**のひびわれ幅を事前にクラックスケールにより取得し、画像から抽出した結果と比較

- ロボットやオペレータのアクセス、基地局設置のため、周辺環境の整備



現地撮影（近接画像）

使用カメラ：SONY α6500

使用レンズ焦点距離：50mm（35mm換算で75mm）

撮影画素分解能：0.4mm/pixel（0.2mm幅のひびわれの視認および撮影効率を考慮）

撮影距離：約5m

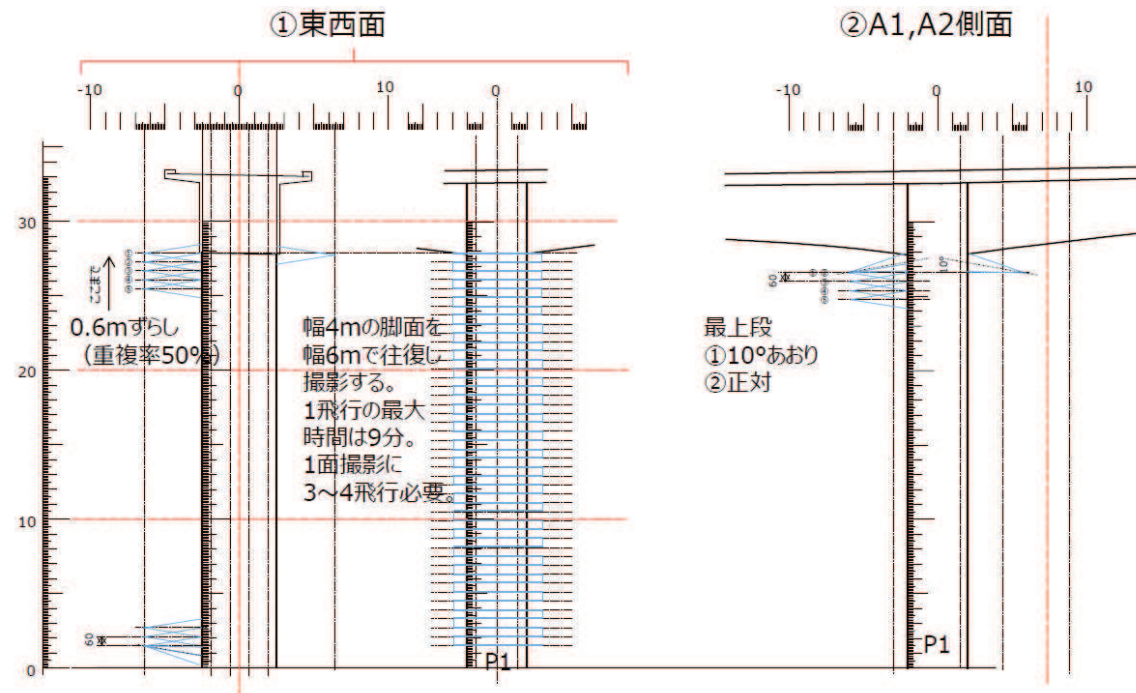
撮影画角：約2.4m×1.6m

ラップ率：オーバーラップ60%、サイドラップ50%（0.6m/sで飛行）

その他 ・近接画像は正対撮影が基本

・ SfM/MVS解析により3D化するため、橋脚や桁下面などの面が直交する箇所は、45度方向からの斜め画像を補完撮影

フライトプラン



P1橋脚4面の撮影：延べ2日間