

2020年度 土木研究所の活動 ～ 橋梁撮影マニュアルの紹介 ～

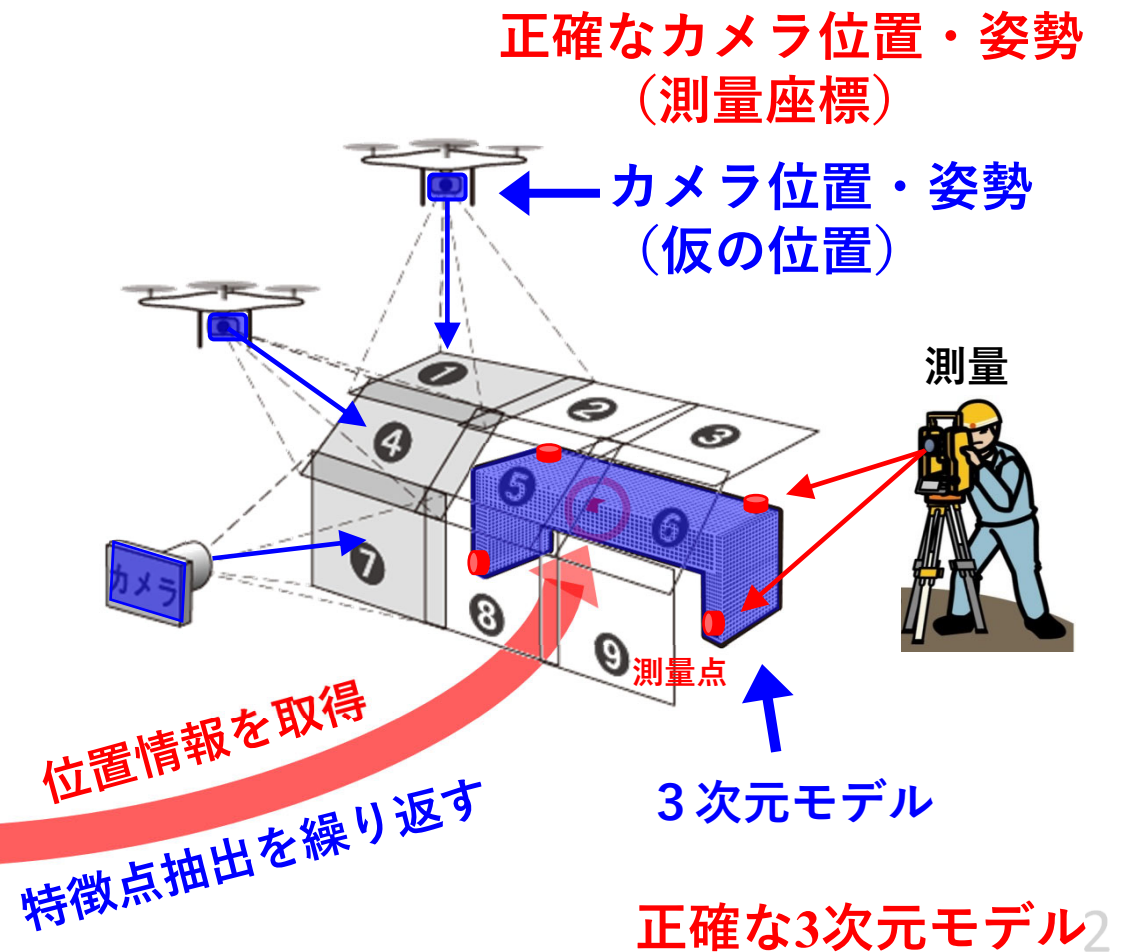
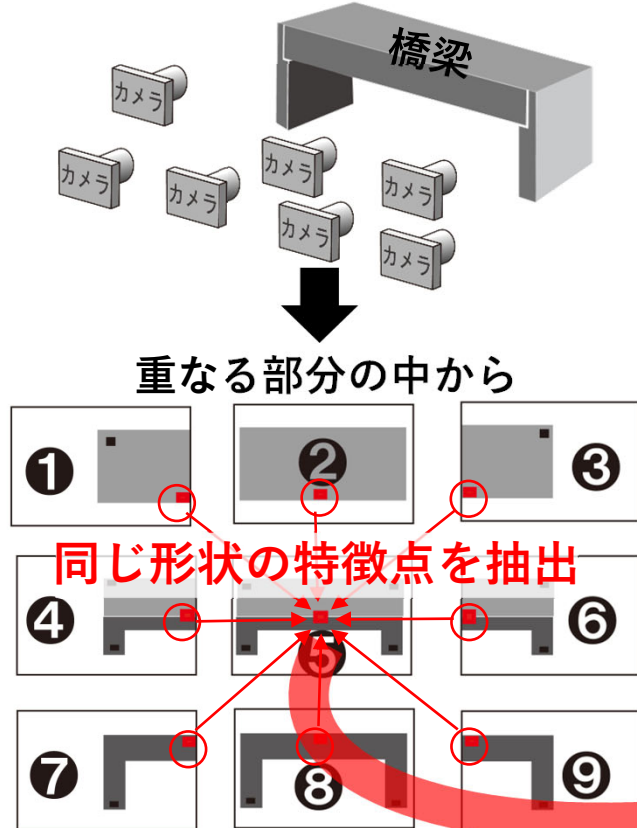
国立研究開発法人 土木研究所
先端技術チーム 主任研究員
服部 達也

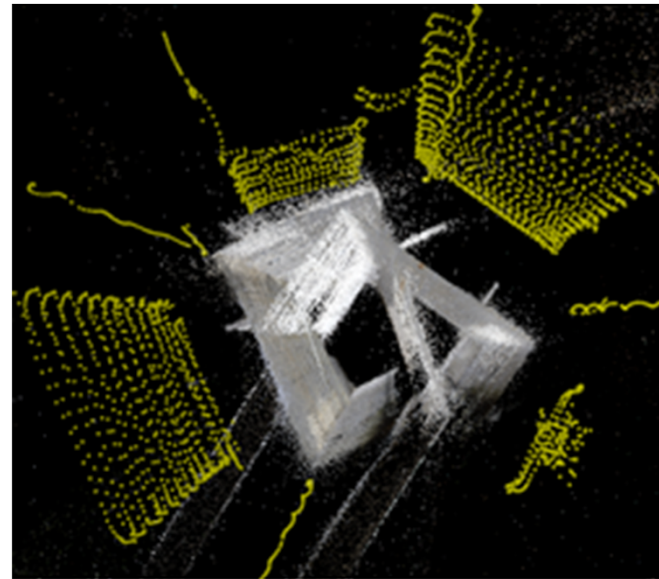


SfMとは

SfM (Structure from Motion) とは撮影した複数の画像からカメラ位置、カメラ姿勢、撮影物体の形状 (3次元モデル) を復元する手法です。

撮影した複数写真の





橋脚（四角柱）の4面を同時に3D処理すると、四角柱にならずに、奇形な形状になる場合がある。



橋梁側面の画像では、上り側、下り側を区別できない。

上り側・下り側を同時に3D処理すると、片側からの映像と認識してしまう。

点検支援技術（画像計測技術）を用いた
3次元成果品納品マニュアル
【橋梁編】
（案）

令和2年3月
国土交通省

2.2. 損傷形状データ

損傷形状データとして、次のいずれかを作成する。

- 3次元モデル
- レイヤ構造図画ファイル（2D）

(1) 3次元モデル

3次元モデルによる損傷形状データは、3次元のポリライン、ポリゴン等を3DCAD等で作成する。亀裂などは、亀裂箇所に沿う形で3次元ポリラインを、腐食などは該当箇所をポリゴンで囲むなどして、正確な形状が記録されるように作成する。

3次元モデルによる損傷形状データには、必要に応じて、損傷の種類、損傷程度、メモなどの属性情報を付与する。また、これらの情報は、必要に応じて、旗上げ表示等を利用することで、損傷位置が把握できるようにすることが望ましい。

- **橋梁3次元モデル作成にはノウハウが必要**
 - 画像撮影方法
 - SfMソフトウェアの操作方法
- 「**橋梁撮影マニュアル**」として作成中
 - 手戻り無く 3次元モデルを作成できるように
 - 3部構成
 - 橋梁3次元モデルの基本
 - 橋梁の撮影方法
 - 橋梁3次元モデル作成
 - 今年の秋に土木研究所のHPで公開（予定）

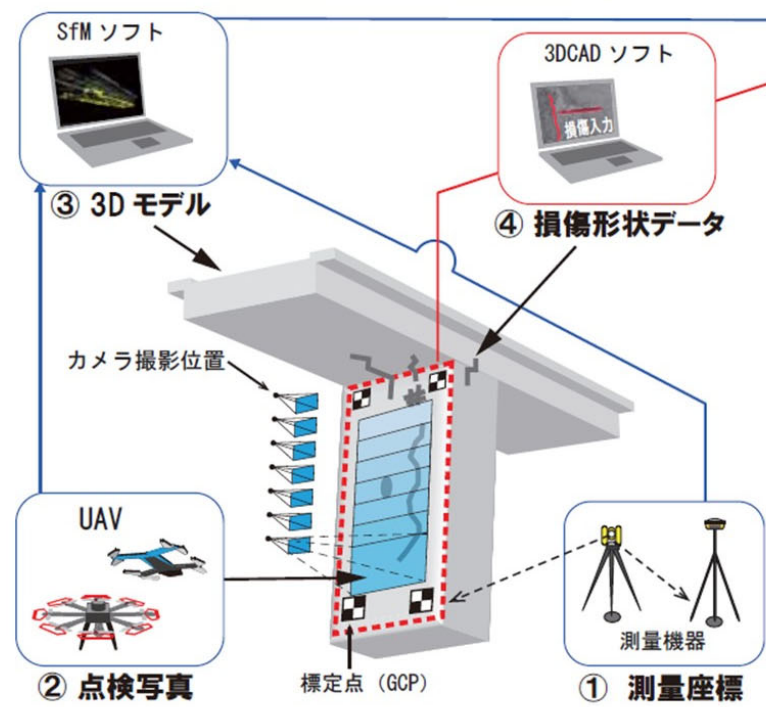
注意事項：作成中のため
最終版とは異なります

3次元成果品について

本章は、点検支援技術を用いて
橋梁の点検を 3次元モデルを活
用する場合の手順書です。？

- 【作業フロー】
- ① 測量
 - ② 点検写真撮影
 - ③ 3Dモデル作成
 - ④ 損傷形状データ作成
 - ⑤ 3Dモデルビューア

3Dモデル作成イメージ



3次元成果品

3Dモデル + レイヤ構造図面ファイル(2D) = 損傷レイヤ + 画像レイヤ

損傷メタデータ

```

座標系情報：平面直角座標第9系
カメラ位置座標、損傷情報？
imageName X Y Z Omega Phi Kappa 損傷種類？
04_1542.JPG 63291.959211 59741.514351 10.972459 -178.012724 5.166460 -108.272397
04_1596.JPG 63292.086430 59740.808037 11.804392 158.836777 7.649556 -17.890055
04_1648.JPG 63297.819855 59744.666875 11.936213 -153.366931 -8.342060 165.170797
04_1505.JPG 63301.271209 59744.424459 10.993335 -178.480026 4.088496 -108.021149
    
```

3Dモデルビューア



注意事項：作成中のため
最終版とは異なります

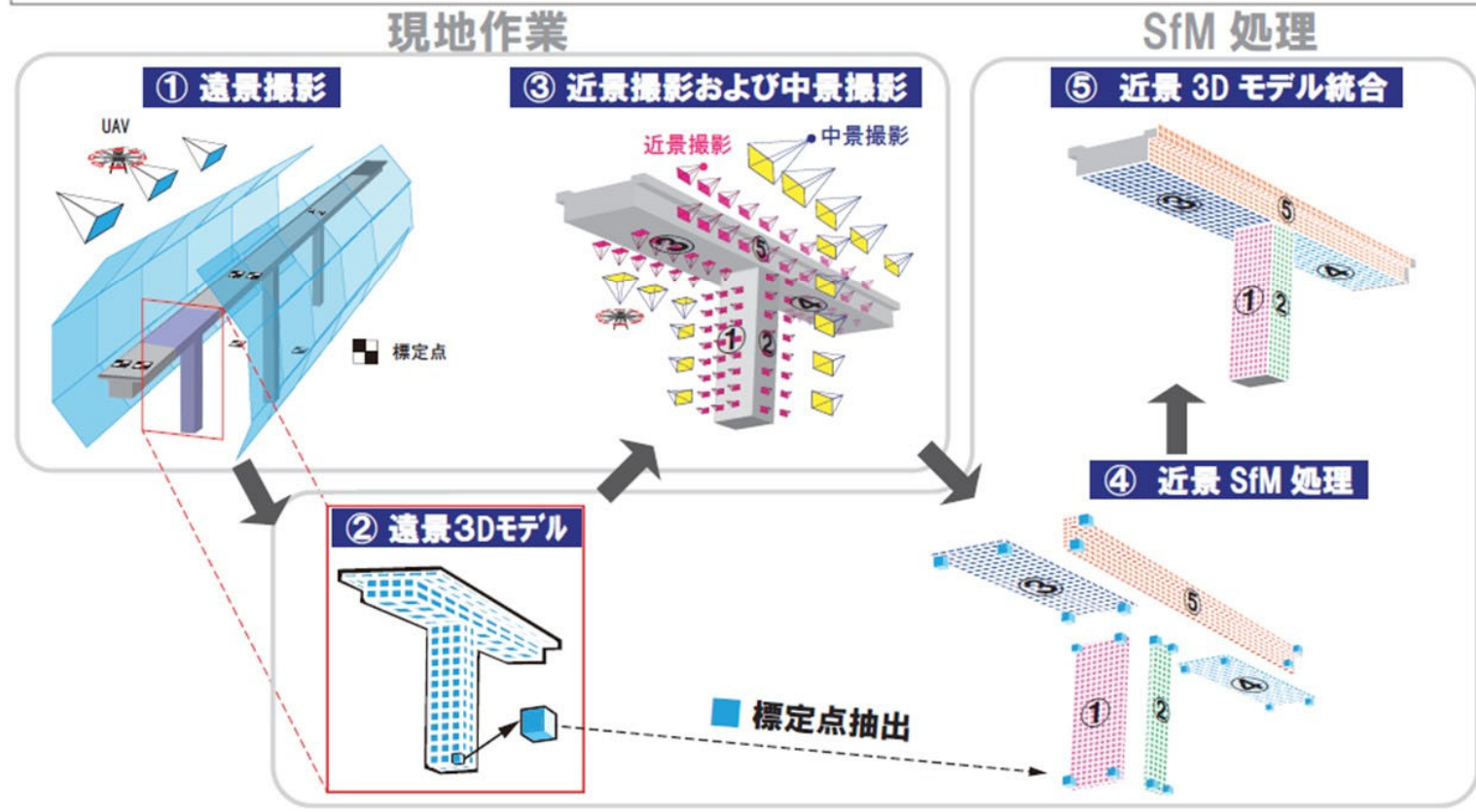
遠景 + 近景 で 3Dを作成

1. 作業の流れ

ここでは、ロボット（UAV）を活用し大規模な橋梁を3次元成果品作成について説明します。なお、現場の状況で作業手法は異なりますので参考として利用願います。

① 点検対象が広域となる場合、高い場所や橋梁裏面等は標定点設置が困難なため、遠景撮影から広域の3次元モデルを作成する。作成した3次元モデルから近景撮影のSfM処理に必要な座標を取得する。

② 近景撮影は撮影枚数が多く時間がかかるため、風や日照の変化など天候の影響を多く受けるため、SfM処理のエラーなどが発生する恐れがある。その対策として近景撮影を補うために近景撮影範囲を網した中景撮影を実施する。



注意事項：作成中のため
 最終版とは異なります

遠景撮影は、色々な高度から撮影

3. 撮影計画（ハイピアPC橋）

撮影計画は、橋梁撮影マニュアル共通編を参考に、撮影面番号の設定、撮影距離、ラップ率、標定点設置場所などを計画し撮影計画図を作成する。また、撮影困難な場所については航空写真や現地踏査で確認し、点検方法を事前に検討する。

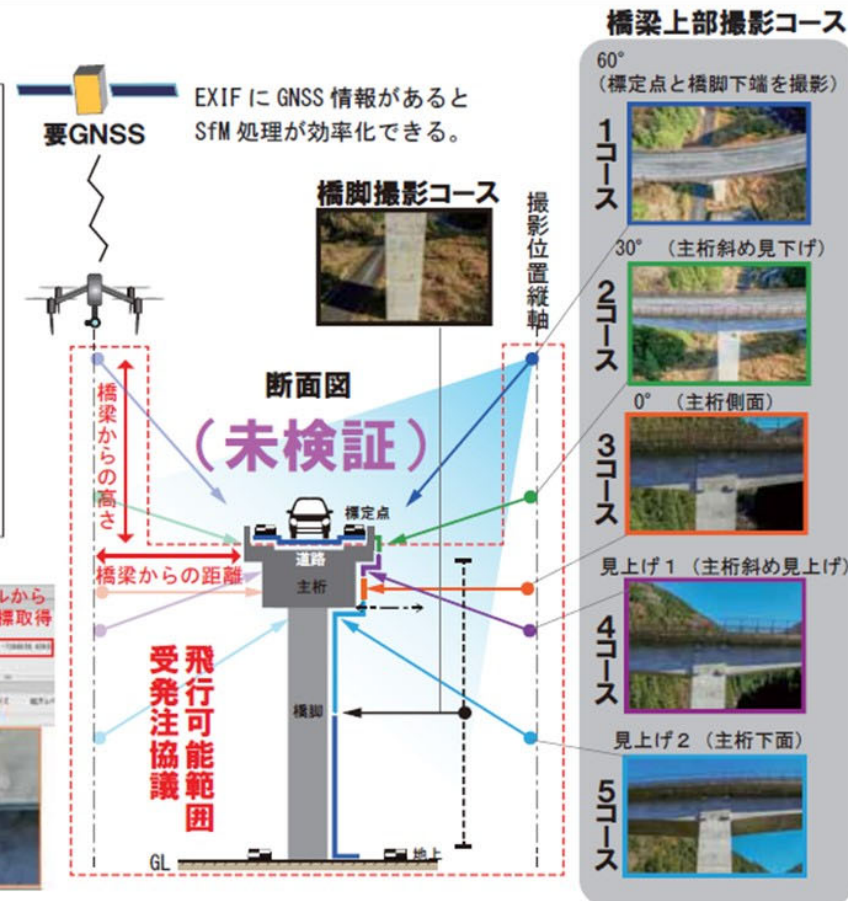
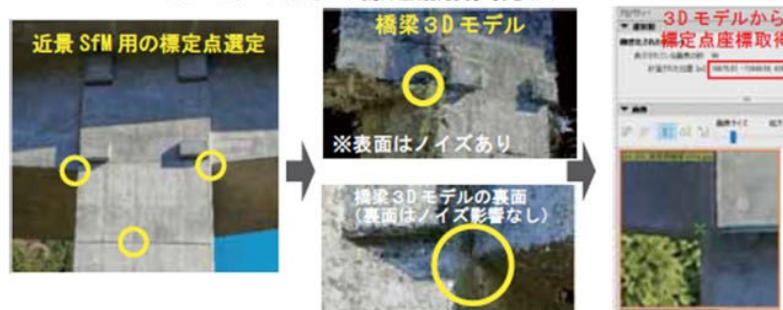
3-1. 遠景撮影について

撮影方法は橋梁上部ならびに橋脚の全体を網羅し、垂直方向から橋梁の下面までを複数方向から重複した撮影を行う。安全対策として、車両や歩行者との接触の恐れがある橋梁から上部の垂直や斜め方向の撮影については、安全な撮影距離を確保するため、受発注者協議により決定する。

【撮影条件】

- ・対物画素寸法：1cm 以内
- ・サイドラップ率：70%以内を標準とする。
- ・撮影方向：橋梁上部構造は図のように見下げ60度および30度、水平方向、見上げ2方向の5方向を標準とする。※現地状況に応じて、方向、角度、コース数などの調整を行う。
- ・橋脚は縦に5方向から、撮影距離は橋梁上部の1/2以上とする。
- ・全工程の効率化のため写真枚数は計画に近い写真枚数とする。

3Dモデルからの標定点抽出方法



注意事項：作成中のため
最終版とは異なります

近景撮影 少し離れた写真も

3-3. 近景撮影について

近景撮影は橋脚や主桁などの表面から損傷が把握できる対物画素寸法の画像を取得する。撮影方法は「橋梁撮影マニュアル共通編」を参考に撮影面毎に番号を設定し、撮影距離や間隔などの計画を行う。

中景撮影の撮影距離は、近景撮影の2倍以内（未検証）とし、各撮影面を網羅すること。

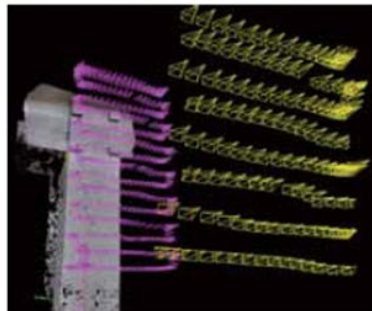
【近景撮影条件】

- ・対物画素寸法：0.3mm～0.6mm程度
- ・サイドラップ率：30%以内（未検証：淵見は50%）を標準とする。
- ・オーバーラップ率：70%以内（未検証）を標準とする。
- ・露出：MF、絞り

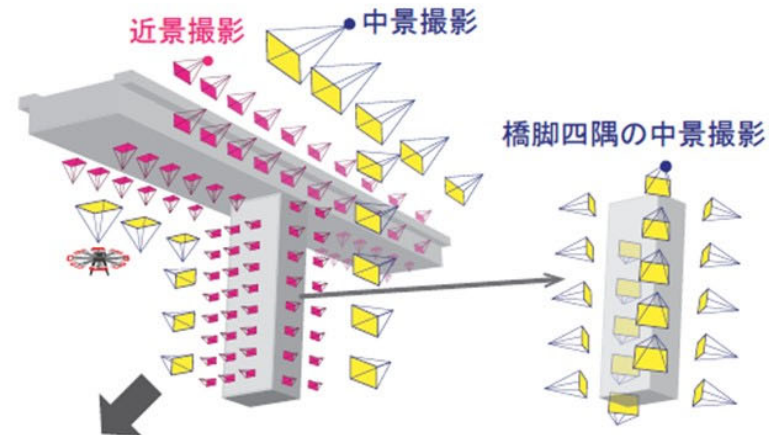
【中景撮影条件】

- ・撮影距離：近景撮影の2倍以内（未検証）
- ・サイドラップ率：50%以内（未検証）を標準とする。
- ・オーバーラップ率：70%以内（未検証）を標準とする。
- ・露出：MF、絞り
- ・橋脚角も撮影する。

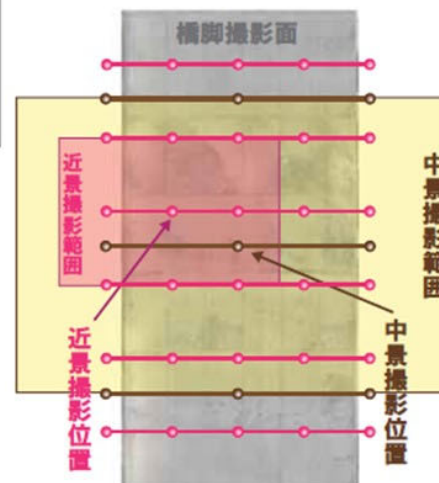
近景撮影中景撮影 SfM 処理イメージ



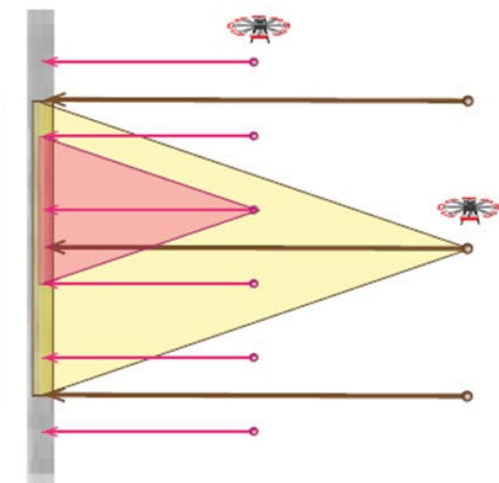
近景撮影・中景撮影イメージ図



撮影計画平面図



撮影計画側面図

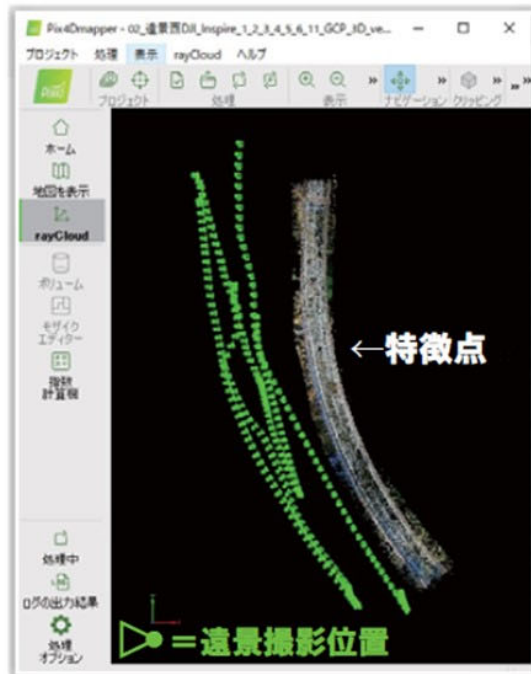


注意事項：作成中のため
最終版とは異なります

SfM処理のズレの修正方法①

遠景撮影 SfM 処理は遠景撮影した写真画像から、近景撮影 SfM 処理に必要な標定点を抽出することを目的としますので、橋梁全体が均一で高い精度を持つ必要があります。その手法としてマニュアルタイポイントを設定します。

SfM ソフト処理初期画面



SfM 初期処理の 3 次元モデルは大体の形状を示したものであり、細かいところでは画像のズレを含んでいます。
以後の作業でこのズレを解消します。

マニュアルタイポイントが必要な理由（初期処理のズレ）

SfM処理から自動生成した 3 次元モデル

3 次元モデル拡大図

確認箇所A

確認箇所B

確認箇所A

確認箇所B

ズレ

ズレ

SfM ソフト初期処理では、特徴点を自動抽出する。この時、撮影方向が異なるためズレが生じる場合がある。特に重なりが多い橋脚部分にマニュアル対ポイントを設定することでズレを解消できる。

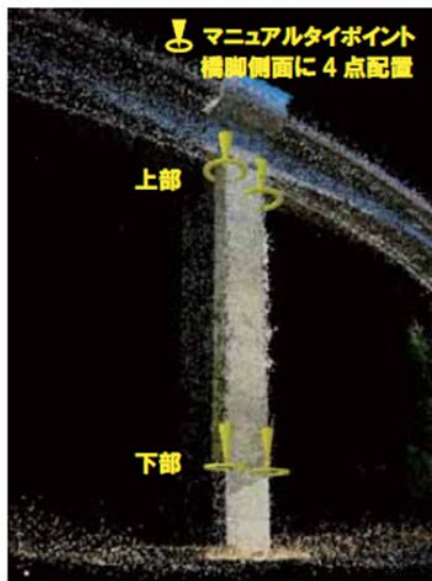
注意事項：作成中のため
最終版とは異なります

SfM処理のズレの修正方法②

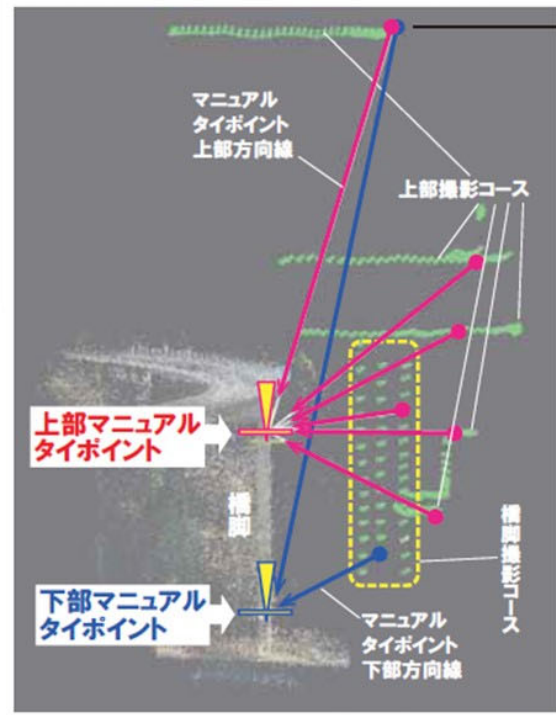
4-2-2. マニュアルタイポイント設定

マニュアルタイポイントを設定位置は、写真の重なりが多い橋脚側面の上部と下部に4点配置します。特に上部2点については全ての遠景撮影コース写真が入る箇所を選定する。下部の2点は上部撮影コース内で橋脚下部が写っているコース（撮影位置が高いコース）と橋脚撮影コースから選択します。1コースにつき隣接した3枚以上を選択します。

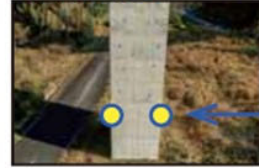
マニュアルタイポイント設置位置



マニュアルタイポイント取得方向（側面図）



橋脚撮影コース



橋梁上部撮影コース

○ = 上部マニュアルタイポイント
○ = 下部マニュアルタイポイント