

写真解析3Dモデルの精度検証と橋梁等の構造物管理への応用

オカベメンテ代表・NPO グリーンアース理事
岡 部 成 行
Naruyuki Okabe

オカベメンテ調査担当
赤 嶺 隼 人
Hayato Akamine

NPO 法人グリーンアース代表理事
鈴 木 浩 一[○]
Koichi Suzuki

1. はじめに

国土交通省が積極的に推進している「i-Construction」では、建設業全体へのICT技術導入へ向けて、ドローン空撮による3D地形測量が急速に注目を浴びてきた。

ここでは、ドローン空撮及び地上でのデジカメ撮影による写真解析から得られた3Dモデルの精度を検証し、今後の橋梁等の構造物管理への応用について報告する。

2. 使用器械・ソフト等

- ①ドローン空撮：DJI Phantom3
- ②地上デジカメ撮影：OLYMPUS TG-3
- ③写真解析ソフト：Agisoft PhotoScan
- ④3D デザインソフト：SketchUp2016
- ⑤座標値測量：TS、自動レベル一式

3. 検証対象構造物と精度検証方法

沖縄都市モノレールのPC軌道桁製作ヤードにて製作された試験桁（L≒19m）の天端10点（端部4点、中間部6点）と、試験桁周囲に設置した評定点をトータルステーション及び自動レベルで測量し、そのXYZ座標値と画像解析ソフトPhotoScanで得られた推測値との比較を行う。

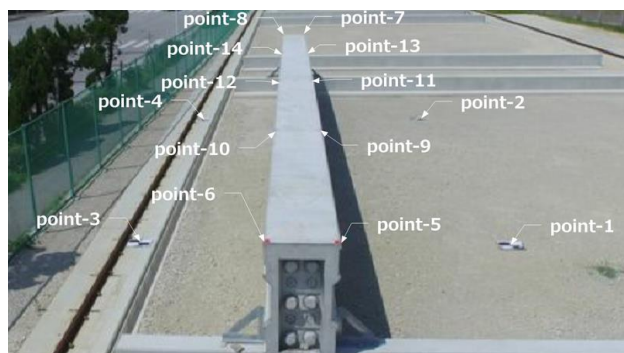


図-1 試験桁と精度検証ポイント

4. ドローン空撮写真での精度検証

試験桁の上空からドローン（Phantom3）にて空撮した写真（87枚）を画像解析ソフト（PhotoScan）に取り込み、各ポイントの測量座標値を入力して精度検証を行った。



図-2 ドローン空撮状況と空撮写真(抜粋)

測量座標値（3次元）とPhotoScanでの画像解析による推測値（3次元）の誤差は以下のとおり **3.6mm（平均）**であった。

表-1 各ポイントの3次元誤差(ドローン・単位:m)

point	誤差	point	誤差
1	0.004210	8	0.000894
2	0.002336	9	0.002096
3	0.004865	10	0.004873
4	0.001172	11	0.004077
5	0.003815	12	0.004826
6	0.001381	13	0.005102
7	0.003128	14	0.003713
平均=0.003632m			

尚、上記の画像解析ソフト PhotoScan による作業工程は、①写真取込→②カメラ位置の推測→③高密度点群の生成→④3D モデルの生成→⑤各ポイント及び座標入力→⑥カメラ位置の再配置→⑦誤差の算出、といった流れである。

5. 地上デジカメ写真での精度検証

次に、試験桁をさまざまな方向からデジタルカメラ（TG-3）にて地上撮影した写真（77 枚）を PhotoScan に取り込み、4. と同様に各ポイント座標の精度を検証した。



図-3 地上デジカメ撮影状況と撮影写真(抜粋)

ここでの測量座標値と画像解析による推測値誤差は以下のとおり 5.4mm（平均）であった。

表-2 各ポイントの3次元誤差(デジカメ・単位:m)

point	誤差	point	誤差
1	0.006658	8	0.006919
2	0.002656	9	0.002209
3	0.003889	10	0.005281
4	0.009394	11	0.003025
5	0.001233	12	0.005397
6	0.002522	13	0.006659
7	0.007599	14	0.004812
平均 = 0.005386m			

6. ドローンと地上デジカメでの精度検証

ドローン空撮写真と地上デジカメ写真を合せて PhotoScan に取り込み（計 164 枚）、同様に各ポイントの精度を検証した。



図-4 各ポイントの測量状況

測量座標値と画像解析による推測値誤差は以下のとおり 4.0mm（平均）であり、2種類の異なるカメラでも精度を保てることが確認された。

表-3 各ポイントの3次元誤差(ドローン+デジカメ・単位:m)

point	誤差	point	誤差
1	0.005095	8	0.003250
2	0.003054	9	0.002808
3	0.005317	10	0.005356
4	0.003237	11	0.002043
5	0.001695	12	0.004369
6	0.001963	13	0.005822
7	0.004497	14	0.004294
平均 = 0.003997m			

7. それぞれのカメラによる 3D モデル確認

カメラの再配置後に生成した 3D モデルについては、ドローン空撮では低い位置での撮影が困難であったため、桁側面に穴が開いた状態となり、地上デジカメ撮影では上方からの撮影写真が少なかったために、桁上面に穴が開いた状態であった。一方、ドローン空撮とデジカメ写真を合わせた作業では、3D モデルに穴が開くことはなく、3D デザインソフト：SketchUp での 3D トレース作業でも鮮明なモデルが完成した。



図-5 ドローン空撮写真からの3Dモデル

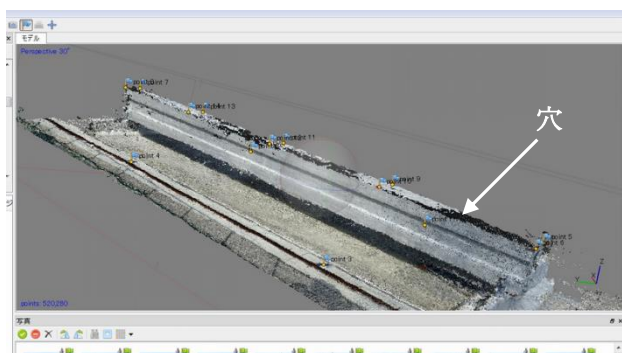


図-6 地上デジカメ写真からの3Dモデル

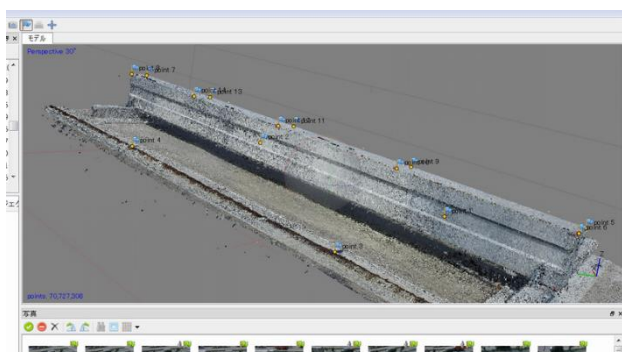


図-7 ドローン空撮+地上デジカメ写真からの3Dモデル

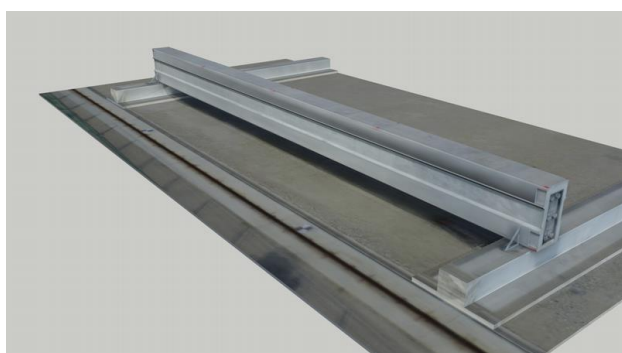


図-8 SketchUp での 3D トレース後の3Dモデル

8. 評定点のみの座標設定からの推定値

ドローン空撮測量技術を橋梁等の構造物管理へ応用することを想定して、桁周囲の4点の評定点のみの座標を PhotoScan で設定し、桁の天端ポイント（10 点）座標推定値と、実際の測量座標値の誤差を確認した。

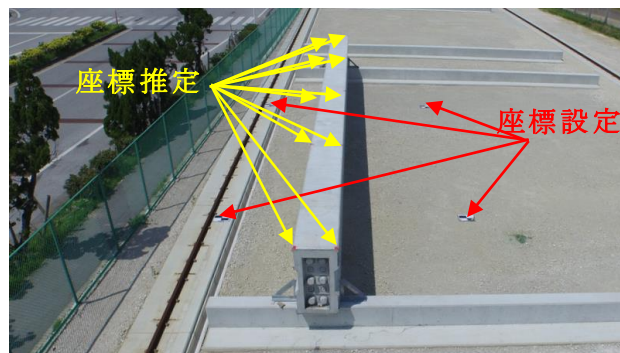


図-9 各ポイント位置図

測量座標値と画像解析による推定値誤差は以下のとおり 5.6mm（平均） であった。一方、本現場での 評定点座標測量の誤差は 6.0mm であり、ドローン測量でも T S 測量に劣らない精度を確保出来ることが確認された。

表-4 各ポイントの 3 次元誤差 (推定値・単位:m)

point	誤差	point	誤差
5	0.007780	10	0.009574
6	0.005506	11	0.002264
7	0.004710	12	0.007861
8	0.004009	13	0.007160
9	0.004173	14	0.005551
平均 = 0.005557m			

9. まとめ

画像解析ソフト（PhotoScan）では、ドローン空撮、地上デジカメ撮影及びそれらの2つのカメラの組み合わせのいずれにおいても、4～6mm とトータルステーション測量に劣らない精度を確保出来ることが確認された。

3D モデルの生成に関しては、ドローン及びデジカメのそれぞれの短所を補う形での2つのカメラの組み合わせが最適であることが判明した。

今後の様々な現場での活用においては、各現場の特性に合わせたカメラの選定によって、この技術が構造物の施工管理や維持管理等でも有効に利用出来るものと考え

例えば、これまでは足場設置によって、TS測量で対応してきた上部工施工前の下部工支承位置座標確認測量や、上部工工事での施工時や施工後のキャンバー（ソリ）管理、支承の変位調査等、幅広い分野での有効活用を目指していきたい。



図-10 足場設置による橋脚の座標測量



図-13 ドローン空撮によるキャンバー管理測量イメージ

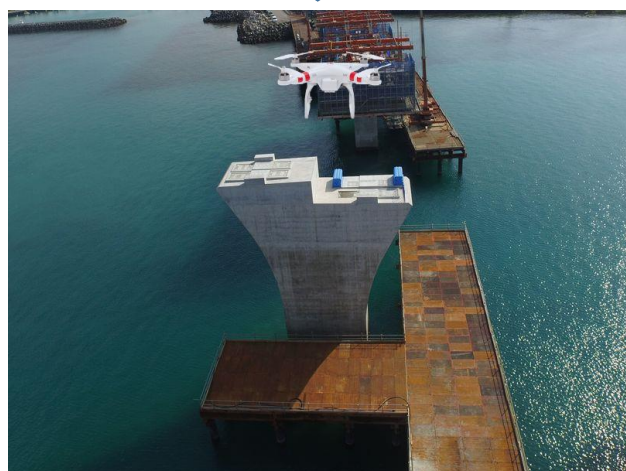


図-11 ドローン空撮による橋脚の座標測量イメージ

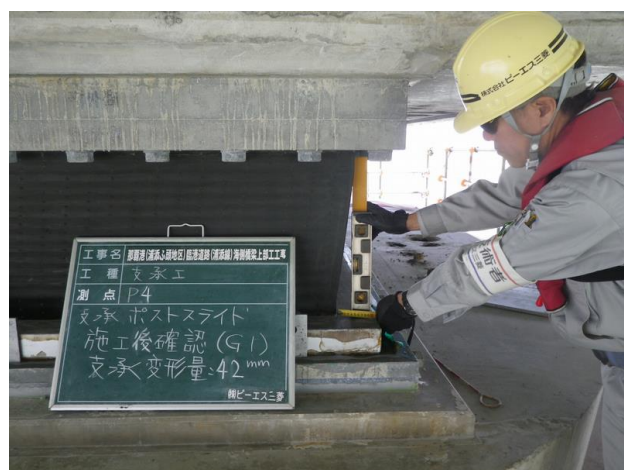


図-14 狭い空間での支承変位調査



図-12 PC桁のキャンバー管理測量



図-15 デジカメ撮影による支承変位調査イメージ

最後に、本検証実験に御協力頂いた関係各位に対し、心から感謝申し上げます。