

各種 UAV 機器による出来形精度検証実験について（その2）

株式会社熊谷組 正会員 ○神崎 恵三 正会員 東館 昌吾
中日本航空株式会社 高市 善幸 皆木 美宣

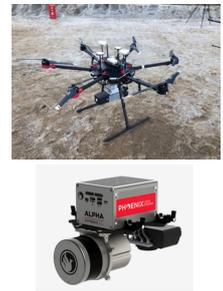
1. 背景

UAV を用いた測量は、UAV やデジタルカメラの性能向上、また SfM (Structure-from-Motion) ソフトウェアの普及により、現場管理ツールとして現場適用事例が増加している。特に、大規模造成工事における月々の出来高数量の把握に UAV による測量を実施することで、従来の人力による測量より大幅に生産性が向上している例が見受けられる。今回、無人航空機搭載型レーザスキャナと空中写真測量(無人航空機)を同条件で飛行させ、法面の任意範囲における土量を算出し、比較検証を行った。また、空中写真測量において、2種類の異なる SfM ソフトウェアを使用して解析を行い、ソフトウェアの違いによる土量の違いを把握した。これらの結果を報告する。

2. 使用機材

今回使用した UAV 機器は5種類で、表-1 に仕様を示す。

表-1 UAV使用機器一覧

無人航空機搭載型レーザスキャナ			空中写真測量(無人航空機)	
①Ranger Series (RIGEL VUX-1)	②Ranger Series (RIGEL miniVUX-1)	③Alpha Series (Velodyne VLP-16)	④MATRICE600pro (Sony α 7R)	⑤Phantom4Pro (DJI製)
最大測定距離920m	最大測定距離250m	最大測定距離100m	カメラ有効画素数 約3640万画素	カメラ有効画素数 約2000万画素
最短距離 3m	最短距離 3m	最短距離 1m	シャッタースピード 1/8000~30秒	シャッタースピード 1/8000~8秒
測定精度 10mm	測定精度 15mm	測定精度 30mm	ISO感度 AUTO(100-6400)	ISO感度 AUTO(100-3200)
有効測定レート 500,000測定/秒	有効測定レート 100,000測定/秒	有効測定レート 300,000測定/秒	センサーサイズ 36mm×24mm	センサーサイズ 13.2mm×8.8mm
				

3. 実証実験方法

実証実験は、処分場現場の法面 2 付近にてエリアを設定し(図-1)、土量計算の算出結果を比較した。算出方法は、現地で取得した断面 2 の実測点の上端と下端を結んだ一定勾配の斜面から仮想の法面を作成し(図-2)、作成した仮想の法面と各手法の対地高度 30m の LP 点群(無人航空機搭載型レーザスキャナで取得した点群)、SfM 点群(空中写真測量(無人航空機)で取得した点群)から作成した 0.1m 格子間隔のグリッドデータの差分から算出した(図-3)。

4. 実証実験と考察

「各種 UAV 機器による出来形精度検証実験について(その1)」の結果から、①VUX-1 の値が実測断面との較差が一番小さい事がわかった。そのため、①VUX-1 で算出した土量の値を基準として土量の比較を実施した(図-3)。

土量算出結果を表-2 にまとめる。今回の結果では、①VUX-1 の盛土量と切土量の体積差分が -324.8 m^3 に対して、④ $\alpha 7R$ が -313.3 m^3 、⑤Phantom4Pro は -402.4 m^3 であった。VUX-1 との較差は $\alpha 7R$ では約 11 m^3 、Phantom4Pro では約 77 m^3 の較差であり、SfM 点群は②miniVUX-1 や③VLP-16 よりも較差が少ない結果となった。これは、SfM 点群のばらつきが少ないことや、特に $\alpha 7R$ が側溝の形状を再現できていることが大きな影響を与えていると考えられ、SfM 点群でも十分土量算出のツールとして使用できるといえる。

キーワード：無人航空機搭載型レーザスキャナ、空中写真測量(無人航空機)、SfM ソフトウェア
連絡先：〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1 (株)熊谷組土木事業本部 TEL03-3235-8649

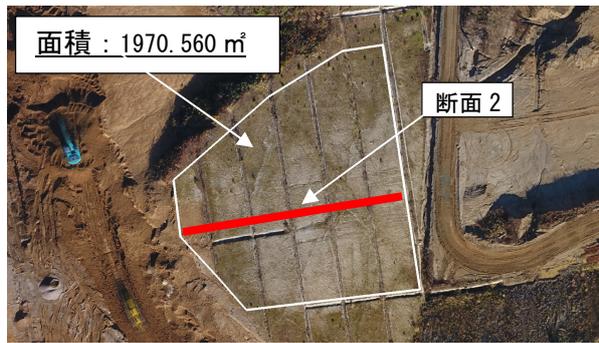


図-1 土量計算比較箇所（法面 2 付近）

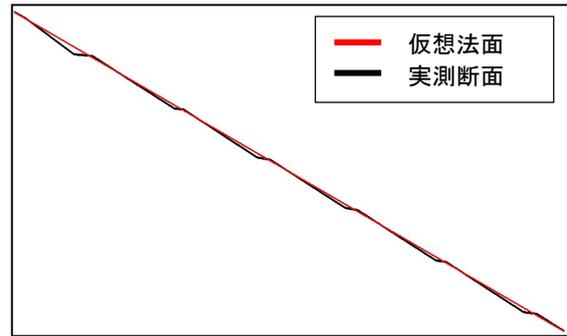


図-2 作成した一定勾配の法面

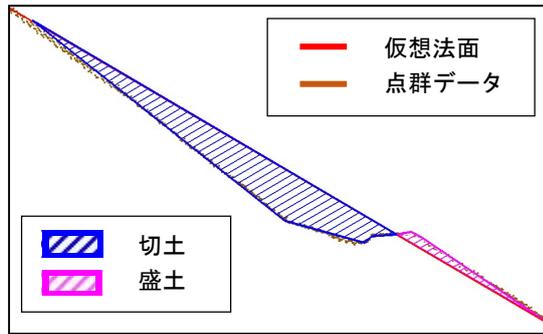


図-3 体積算出イメージ図

表-2 土量算出結果

	①VUX-1	②miniVUX-1	③VLP-16	④α7R	⑤Phatom4Pro
比較範囲面積 (m ²)	1970.56	1970.56	1970.56	1970.56	1970.56
盛土体積 (m ³)	93.111	117.766	62.947	91.977	63.752
切土体積 (m ³)	-417.9	-361.96	-505.53	-405.3	-466.175
体積差分 (m³)	-324.8	-244.19	-442.6	-313.3	-402.423
VUX-1との体積の差 (m³)	—	-80.59	117.8	-11.46	77.639

5. ソフトウェアの違いによる比較

2種類のソフトウェア(PhotoScanとPix4D)の土量の解析比較を実施した。法面2の断面2付近において、土量計算の比較と同様の方法で、PhotoScanとPix4Dで作成したSfM点群の比較とソフトウェアの検証を実施した。検証に使用した撮影成果は、Phantom4Proで撮影した対地30mの画像を使用した。

断面形状を比較した結果、Pix4Dから作成されたSfM点群は、PhotoScanから作成したSfM点群と比較すると、同じ傾向で断面が作成されているものの、高さ方向のばらつきが多く、均一的なデータでない(図-4)。

VUX-1で求めた土量との体積差分の差は、Pix4Dにおいて100 m³以上の較差がでており、PhotoScanと比較して算出結果に大きく差がでていることがわかる(表-3)。

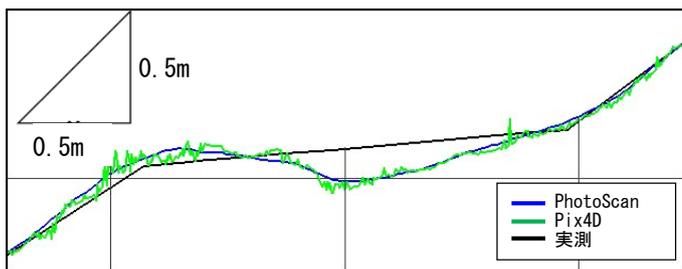


図-4 ソフトウェアの違いによる断面形状の比較

表-3 ソフトウェアの違いによる土量の比較

	VUX-1	Phatom4Pro Pix4D	Phatom4Pro PhotoScan
比較範囲面積 (m ²)	1970.56	1970.56	1970.56
盛土体積 (m ³)	93.111	44.133	63.752
切土体積 (m ³)	-417.895	-552.864	-466.175
体積差分 (m³)	-324.784	-508.731	-402.423
VUX-1との体積の差 (m³)	—	183.947	77.639

解析ソフトウェアの違いによる土量結果の差は、SfM点群が大きくばらついていたことが原因であると考えられるが、撮影方法や画像の品質にも左右されるため、一概にこの結果のみで2つのソフトウェアの違いを結論付けることはできないと考える。一般的に、測位精度の高い画像を使用する場合はPix4Dがよく、画像撮影状況の影響が関係なく結果を出しやすいものがPhotoscanといわれており、その場の条件次第で結果に大きな影響を与えられられる。処理時間については、比較したケースではPhotoscanが約12時間、PIX4Dがおおよそ8時間30分の処理時間であった。

6. まとめ

- VUX-1の値を正しい値として比較した結果、α7Rが一番近い値となった。これは、α7RのSfM点群がVUX-1同様に均一的な点群であり、側溝等を再現できていることが大きく影響すると考えられる。
- SfM-MVSによるSfM点群の作成には、対地高度やカメラ、測位手法、標定点、撮影法といった要因の影響が大きくこれらの要因を考慮した上で、解析ソフトウェアを選択しソフトにあわせた撮影方法を実施することが必要である。