

## 高性能 GNSS を搭載した UAV による出来形計測への適用について

大林道路株式会社 正会員 ○田原 康平 大林道路株式会社 正会員 森石 一志  
i システムリサーチ株式会社 正会員 西川 啓一 北見工業大学 正会員 富山 和也

### 1. はじめに

現在 ICT 舗装工の出来形管理では地上型レーザースキャナ（以下、TLS）を使用し点群データを取得している。また、擁壁などの大型構造物は、巻尺やレベル等を使用し出来形管理を行っている。しかし、TLS の計測精度を担保できる 1 計測当りの最大測定距離は長いもので半径 50m 程度であり、施工延長が長くなった場合、何度も TLS を盛替えながら計測する必要がある。また、大型構造物の出来形管理は、足場が必要である場合や写真では確認しづらい部分があることから、計測の効率化を検討している<sup>2)</sup>。

そこで本研究では、高精度で位置情報を取得することができる GNSS を搭載した UAV を用いて空中写真測量を行うことにより、ICT 舗装工や大型構造物における UAV を用いた出来形計測の効率化を検討した。なお、本機体は、飛行時の機体の位置および高さを飛行計画通り正確に制御することが可能であることが特徴である。よって、施工延長の長い工事であっても、道路線形や勾配に合わせて飛行することができ、擁壁等鉛直な構造物であっても一定の離隔を守りながら計測することができる。

### 2. 検討概要

#### 2. 1 試験ヤード

本研究は、試験ヤードとして大林道路(株)東条アスファルト混合所（兵庫県加東市）内のアスファルト舗装部（以下、As 舗装部）およびストックヤード擁壁部（以下、擁壁部）を計測した。

#### 2. 2 計測機器

計測機器は、図-1 に示すような高精度で位置情報を取得することができる GNSS 装置を搭載した UAV (i システムリサーチ製) を使用した。地上には基準局を設置し、RTK 方式により UAV に搭載した GNSS 受信機と無線にて通信を行い、座標を取得することにより、飛行計画を行ったルート上を正確に飛行した。



高性能 GNSS 搭載 UAV

基準局

図-1 計測機器

#### 2. 3 計測方法

UAV での写真測量は以下の手順で実施した。

- (1) 飛行計画 As 舗装部においては、オーバーラップ 80%サイドラップ 60%以上を確保し、飛行高度 20m, 40m, 60m の 3 パターンの飛行計画とする。擁壁部においては対象箇所から 7m の離隔をとり、高度 4m から 17m まで 3m ごとに高度を変えながら水平に飛行するよう計画する。(図-2)
- (2) 対空標識(標定点)および検証点の設置 As 舗装部においては外周標定点および内部標定点とも約 25m 間隔で設置する。擁壁部においては、目地、型枠の継目等解析時に写真を見て識別できる部分を標定点とする。対空標識(標定点)と検証点の座標は GNSS ローバー、TS およびレベルにより計測する。

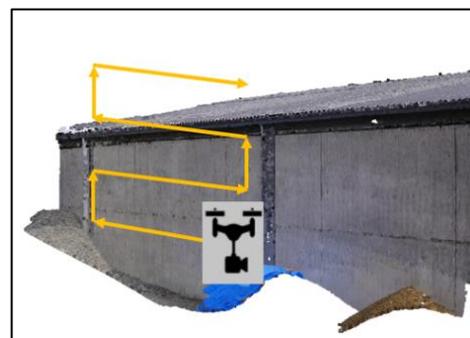


図-2 飛行経路

キーワード 三次元点群データ, ICT 舗装工, 出来形管理, UAV, 高性能 GNSS

連絡先 〒101-8228 東京都千代田区神田猿楽町 2-8-8 大林道路株式会社 TEL03-3295-8855

(3) UAVによる写真測量 あらかじめ計画した飛行経路を UAV に読み込み、自動航行にて計測を行う。擁壁部計測の際のカメラの向きは対象物の法線方向に合わせて撮影するよう設定する。

## 2. 4 解析方法

撮影した写真の解析および精度検証は以下の手順で実施した。

- (1) 写真解析ソフトは Metashape (Agisoft 社製) を使用して行う。
- (2) Metashape に撮影した写真および標定点座標を取り込み、写真を確認しながら標定点の座標付けを行う。
- (3) 写真から点群を生成する。As 舗装部については 3 パターンの飛行高度において標定点数を 8 箇所、16 箇所、22 箇所と変化させて写真解析を行う。

## 3. 結果および考察

検証結果の評価は、点群処理ソフトに生成した点群データと検証点座標を読み込み、As 舗装部においては検証点近傍の点群データと検証点の Z 座標 (標高) の値を比較した (表-1)。なお検証点は、通路部は 20m 間隔で左右に 20 点、駐車場部はランダムに 5 点の合計 25 点を選点した。また、擁壁部においては、生成された点群から計測した高さおよび延長と実測値を比較した (表-2, 図-3)。

表-1 アスファルト舗装部検証

飛行高度	地上解像度	標定点数	Z座標較差 (mm)		
			最大	最小	平均
20m	4.5mm	8箇所	16	0	6
		16箇所	12	0	5
		22箇所	13	0	5
40m	9.1mm	8箇所	14	0	6
		16箇所	19	0	5
		22箇所	14	0	6
60m	13.6mm	8箇所	29	1	8
		16箇所	30	0	9
		22箇所	25	0	7

表-2 擁壁検証結果

	現場実測値 (m)	点群実測値 (m)	較差 (mm)
高さ1	2.940	2.941	1
高さ2	2.942	2.944	2
高さ3	2.946	2.946	0
延長1	3.801	3.799	-2
延長2	6.487	6.484	-3

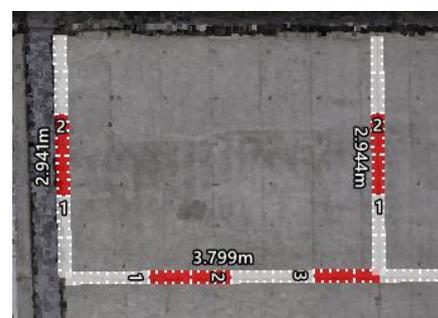


図-3 擁壁点群実測

これら高性能 GNSS 搭載 UAV を使用して計測した結果から、As 舗装部において計測精度は、飛行高度 40m 地上解像度 10mm 以下であれば、最大較差 15mm、平均誤差 5mm 程度の精度で計測できることが分かった。しかし、ICT 舗装工に規定される表層工における測定精度 4mm は満足していないため、標定点の配置方法や取得写真への撮影位置の付与等計測方法や解析方法の改善を行うことにより精度の向上を検証することを考えている。また、複数の事例を示すことにより、実現場の施工の品質が担保される測定精度を検証し、ICT 舗装工にも UAV による出来形管理が適用できるよう検討している。

擁壁部においては、現場実測値と点群実測値がほぼ同様で、精度良く計測できることが確認された。さらに、当 UAV の特性を生かし、自動で精度よく飛行できたため、熟練の技術を要しなくとも一定精度の品質を保って計測できることも確認された。

## 4. まとめ

- 高性能 GNSS 搭載の UAV は、計画した飛行経路、写真のラップ率および地上解像度を確保した計測が可能であることから、安定した測定精度が得られる。
- 計測方法および測定精度の検討により、表層工の出来形管理への UAV の適用が期待できる。
- 大型構造物においても、従来の出来形の計測方法による測定値と同等の精度で計測することができることから、構造物の出来形管理への適用も期待できる。
- 高性能 GNSS の使用により、熟練の操作技術がなくても複雑な経路を自動飛行し、また同一経路を飛行できることから、出来形管理だけでなく維持管理での活用も考えられる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領 (舗装工事編) (案), 2019.3.
- 2) 森石ほか：ICT 舗装工における点群データ取得の効率化と適用範囲拡大について, 土木学会論文集 E1, Vol.75, p.I\_77-I\_85, No.2, 2019.12.