10. RTK 測位技術を応用した UAV による写真測量のさらなるカイゼン

 株式会社大林組
 杉浦 伸哉

 株式会社大林組
 〇田島 僚

 大林道路株式会社
 田原 康平

1. はじめに

i-Construction 発表から約1年半が経過した。2016年3月の新基準の導入(図-1,2)に加えて,2017年3月にはICT 土工のカイゼン,さらにはICT舗装工,ICT 浚渫工などへの工種の拡大も進んでいる。迅速な国の動きには,これまでにない意気込みを感じるが,一方で基準ばかりが先行し,肝心な中身である「生産性向上」に本当に寄与するかについての検討はまた別問題のようである。ICT活用工事を進めるに当たり最も重要なことが,施工会社として一番関わる「出来形管理への適用」である。本報告では基準に沿った形が本当の意味で生産性向上につながるのかについて,i-Constructionの拡大が進む中,さらなる「カイゼン」へ向けて検証した結果を報告する。

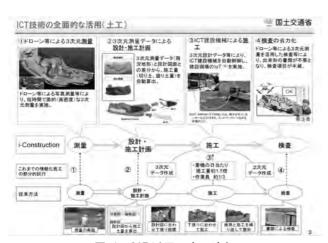


図-1 ICT 活用工事の流れ

		816	1616	611	本文學研究(LRL)
調査・対策・投計	1.	UAVを用いた公共則量マニュアル(官)	. 0		Arms arms plants are been also and
	2	電子納品質領(工事及び投計)	1 - 7	0	
	.3	3次元政計データ交換標果(料理能ガイドラインを含む)	. 0		The Control of Section 18 and
	4	ICTの全面的な活用(ICT土工)の推進に関する実施方針	0	i	
	6.	土木工事是工管理基準(素)(出來制管理基準及び獲帳債)	1	0	
B	6	土木工事数量算出要値(業)(施工理理データによる土工の出来高算出要値(業)を含む)	0	0	And the second s
Ι.	.7.	土木工事尺通性样囊 施工管理関係書詞(帳原:出來形合資料定與班查)	0		Management and Security Street Security
١	n	空中写真测量(無人航空機)を用いた出来和管理要様(土工橋)(変)	0		
v.	.9.	レーザースキャナーを用いた四米形質概要請(土工権)	. 0		14 miles - 100 p
	10	地方整個助土木工事檢查技術基準(案)	1.1	0	-
	1)	既清部分核素技術基準(業)及び何候技	. 11	Ö.	-
iù.	12	部分私仁おける出来高取扱方法(案)		Q	
ž	13	空中写真测量(無人執空機)を用いた出来参管理の監督・検査要領(土工器)(集)	0		the sale of a part of the SARIA
	14	レーザースキャナーを用いた出来形質項の監督・検査循模(土工庫)(車)	0	1	Declaration of the Section
	15	工事収穫辞支責任の運用について		0	Miles to be a proper pr

図-2 新たに導入する 15 の新基準及び積算基準

2. UAV の出来形管理の課題

表-1 は空中写真測量(無人航空機)を用いた出来 形管理要領(土工編)(案)に従い、出来形管理を実施 した場合の現地での作業時間を算出したものであ る。対象面積が大きくなるにつれて飛行時間が長 くなるが、それとともに標定点も増加することが わかる。UAV の出来形管理基準においては、外側 標定点として撮影区域外縁に 100m以内に 1 箇所、 内側標定点として天端上に 200mに 1 箇所を目安 に設置することとされている(図-3)。表からもわ かるとおり、実際の計測に関わる飛行時間に比べ て、標定点・検証点の計測にかかる時間が約 3 倍 程度必要となる。さらなる「カイゼン」のために、 この標定点及び検証点に着目し、時間の削減に繋 げることが可能か検証した。

表-1 対象面積による飛行時間と計測時間について

面積	飛行高度	飛行時間	標定点	検証点	計測時間
5ha	40m	20 分	12 箇所	3 箇所	75 分
10ha	40m	50 分	25 箇所	5 箇所	150 分
20ha	40m	150 分	50 箇所	10 箇所	300 分

2) 標定点及び検証点の設置・計測の預差点

計測精度を確保するための標定点の設置の条件は、以下を標準とする。

標定点は、計測対象範囲を包括するように、UAVマニュアルにおける外側標定点として撮影 区域外縁に100m以内の側隔となるように設置するとともに、UAVマニュアルにおける内側標定 点として天端上に200m間隔程度を目安に設置する。

標定点及び検証点の計測については、4級基準点及び3級水準点と同等以上の精度が得られる計測方法をとる。

図-3 空中写真測量(無人航空機)を用いた 出来形管理要領(土木編)(案)抜粋

3. 標定点の検証について

通常は現場内に設置した標定点により, 点群の 座標付けを行う。今回の検証にあたっては Skycatch 社製の Evolution3 を使用することとした (写真-1)。同社の機体の特徴は、後処理キネマテ イックにより、標定点がなくとも精度よく撮影写 真の位置を推定できる仕組みである。図-3 は Skycatch 社製の UAV を用いた場合の仕組みを示 している。まずは通常の写真測量と同様に決めら れた撮影範囲の写真を撮影する。同時に NTRIP 方式により GNSS 情報を記録する。次に写真をク ラウドへアップロードする。そして, 事前に記録 した NTRIP 情報を元に後処理し、ネットワーク 型 RTK 級の精度を持ったジオタグ付き写真を構 築する。最後に、この写真を元に解析を行うこと で,標定点の登録無しに解析を実施することが可 能となっている。

通常実施する UAV による計測と、この機体での計測を実施し、精度が担保されるかを検証した。 検証にあたっての構成は表-2 に示す通りとした。



写真-1 Skycatch 社製 Evolution3

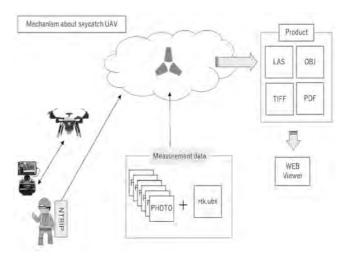


図-4 Skycatch 社 UAV 仕組み

表-2 計測条件

計測条件	計測条件①	計測条件②
UAV 本体	enRoute 社 Zion QC730	SkyCatch 社 Evolution3
飛行高度	70m	70m
オーバーラップ率	80%	80%
サイドラップ率	60%	60%
デジカメ性能	2, 430 万画素	1, 200 万画素
地上画素寸法	1.5cm	2.0cm
解析ソフト	Photoscan Skycatc	

4. 解析結果

4.1 検証点の比較

現場内には検証点を 10 箇所設置した (図-5)。 図に示す検証点で GNSS ローバーを用いて座標値 を取得し、各点群データでの近傍点での標高値の 差を確認した。結果を表-3 に示す。計測条件①で はすべての箇所において計測値との差が 50mm 以 内となることが確認できた。一方で、計測条件② では 5 箇所では 50mm 以内であったが、これを大 きく外れる箇所もあった。

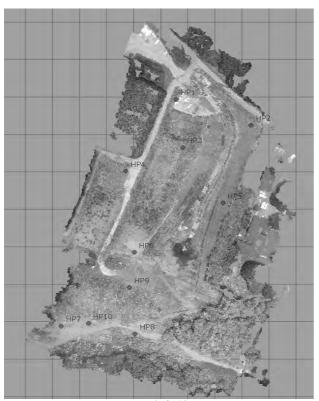


図-5 解析結果

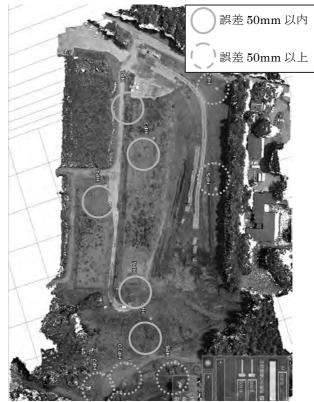


図-6 検証点位置

表-3 解析結果

検証	実標高	計測条件①		計測条件②	
点名	(m)	H1	∆ H1	H1	∆ H1
- ホコ	(III)	(m)	(mm)	(m)	(mm)
HP1	509. 137	509. 178	+41	509. 112	-25
HP2	507. 485	507. 507	+22	507. 394	-91
HP3	513. 554	513. 586	+32	513. 521	-33
HP4	511. 168	511. 130	-38	511. 183	+15
HP5	508. 411	508. 460	+49	508. 326	-85
HP6	516. 693	516. 704	+11	516. 666	-27
HP7	480. 663	480. 655	-8	480. 843	+180
HP8	479. 503	479. 495	-8	479. 559	+56
HP9	508. 428	508. 406	-22	508. 433	+5
HP10	480. 196	480. 151	-45	480. 360	+164

図-6 に検証点が誤差 50mm となった箇所を示す。 検証点での誤差が大きく出た箇所はいずれも樹木 に近い箇所であることがわかった。解析ソフトが 異なるため,直接的な原因は定かでないが,SfM 解析を行うと,しばしばこのような現象が生じる ことがある。樹木などは急激に標高値が高くなる ため,マッチング処理を行うとどうしても付近の 高さに追従し,実測値よりも標高が高くなる傾向 がある。このような解析ソフトに依存してしまう 箇所を除けば,比較的安定した解析結果が得られ たことになる。

4.2 点群による面的な比較

検証点での結果を確認したが、これが「点」としてだけの誤差なのか、周囲の「面」としても同じような誤差が生じるのかを確認するため、点群同士の差分を確認した。結果が図-7である。50cmメッシュで標高差を表示しており、差が10cm以内の箇所を白色で示している。先ほども述べたように、樹木が多い計測エリアの外周では面的に見た場合でも精度が5cmを超えていることがわかった。一方で中央部での平坦な箇所では概ね精度が5cmが確保されていることがわかった。



図-7 計測結果①および②差分(50cm メッシュ)

4.3 計測時間の短縮

今回の検証における計測時間の比較を行った。 計測条件①では i-Construction 基準に則り実施する と,事前の計測から解析完了までで 260 分であっ た。一方,Skycatch 社製の UAV を用いた場合の時間は 140 分であった。飛行時間,解析に要する時間は同じであったが,標定点の設置及び計測が一切不要なため,時間だけを比較した場合,生産性は約 50%向上した。

表-4 対象面積による飛行時間と計測時間について

計測	飛行	飛行	標定点	計測	解析	合計
条件	高度	時間	検証点	時間	時間	時間
1	70m	20 分	24 箇所	120 分	120 分	260 分
2	70m	20 分	0 箇所	0	120 分	140 分

5. まとめと今後の課題

今回の検証によって標定点を用いない場合での UAV を用いた写真計測でもある程度の精度を担保 することができることがわかった。また作業時間 についても 50%程度の生産性の向上が確認できた。今後はさらに精度を追求するために以下の事項を 検証していくこととする。

①地上画素寸法との関連性

今回は通常業務との比較ということで飛行高度を統一して検証したが、本来 SfM 解析は地上画素 寸法によっても精度が異なる。今回実施したものは地上画素寸法では 0.5cm 程度の違いのため大きな違いはないとは思われるが、今後は地上画素寸法をパラメータとし、どこまで精度が得られるかについても検証しなくてはならない。

②地形追従によるばらつき

Skycatch 社製の UAV は国土地理院の GIS データをもとに地形に追従して飛行させることができる。今回の飛行では地形に追従して飛行させたため、現場での進捗状況により必ずしも GIS データと一致せず、ラップ率が正しくとれていない可能性もある。そのため、SfM 解析によるマッチング処理がうまくいかず、モデル作成ができないこともあった。今後は飛行高度を一定にし、その差を確認することが必要となる。

③標定点の減少

標定点をなくすことで、現場での生産性は飛躍的に向上することがわかった。しかしながらすべての標定点をなくさなくとも、生産性は向上する。したがって、標定点が i-Construction に定められているものよりも少なく済み、かつ精度が担保できている状況が望ましい。今後は解析時に一部標定点を控除し、解析を行うことが可能か検証していく必要となる。

6. おわりに

平成28年3月に「空中写真計測(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案)」を含む15の基準がでて1年半が過ぎた。平成28年度には584件ものICT活用工事が実施され、平成29年度は704件のICT活用工事が公告されている(平成29年6月22日現在)。平成29年3月には、1年間の実践を踏まえて7つの技術基準類及び積算要領が「カイゼン」されている。国土交通省が進めるi-Constructionの目的は、建設産業全体の生産性向上である。まさに官民が一体となり、本気で取り組んでいる。建設業がさらに魅力ある産業となることを願い、本論文がその一端を担えればと思う。