

2) 標定点及び検証点の設置・計測の留意点
 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以内の間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、後処理キネマティックにより、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

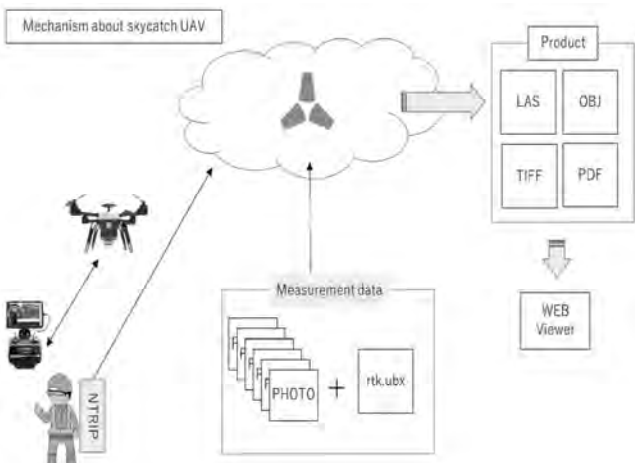


図-4 Skycatch 社 UAV 仕組み

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	1.5 cm	2.0 cm
解析ソフト	Photscan	Skycatch 社 ソフト

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

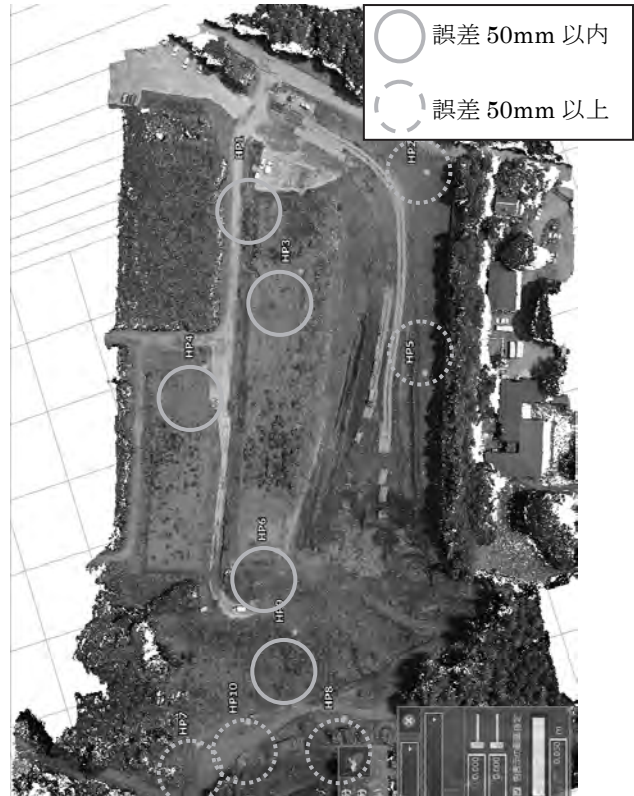


図-6 検証点位置

表-3 解析結果

検証点名	実標高 (m)	計測条件①		計測条件②	
		H1 (m)	ΔH1 (mm)	H1 (m)	ΔH1 (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

計測条件	飛行高度	飛行時間	標定点 検証点	計測 時間	解析 時間	合計 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。