

UAVレーザの実務利用効果と展望



三浦 大

REPORT

技術本部 建築補償測量グループ

三浦 大 測量士

概要

本稿は、河道計画・実施設計業務へのUAVレーザ技術の活用事例として、3D地形モデルの作成、測量図面の作成を紹介するとともに、三次元測量技術の課題と展望について紹介する。

キーワード ●UAVレーザ測量 ●実施設計 ●UAV(ドローン)

1. はじめに

近年、ICTやCIMなどの三次元に関する技術が急速に進展しており、現在は下記の計測技術が主流となっている。

- (1) UAV三次元点群測量
- (2) UAV空中写真測量
- (3) 航空レーザ測量
- (4) 地上レーザ測量
- (5) MMS(Mobile Mapping System)測量¹⁾
- (6) UAVレーザ測量

それぞれで計測精度・測定環境条件・対応可能な縮尺など内容は異なる。

本稿は『(6) UAVレーザ測量』を使用して河道計画・実施設計業務に対応できる測量データ作成の活用事例と、三次元測量技術の課題および展望について紹介する。

2. 三次元計測の種類について

(1) 三次元点群測量(SfM:Structure from Motion)²⁾

UAVにカメラを搭載して撮影する手法で、空中写真からSfM(図-1)により特徴点を抽出して撮影状態を求めるとともに、撮影状態に基づきMVS(Multi View Stereo)³⁾により空中写真から高密度に三次元点群を抽出し、三次元形状を復元するものを三次元点群測量という。

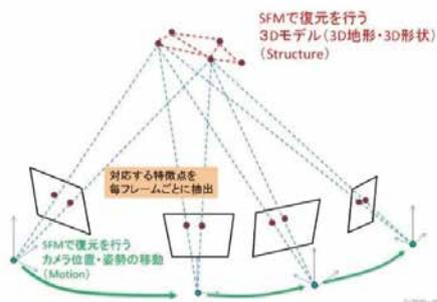


図-1「SfM」とは

(2) UAV空中写真測量

空中写真測量は従来の手法と変わりはないが、UAVを用いることで近接撮影が可能となり、地上画素寸法が細かく鮮明に見えるため詳細な図面を作成することが可能である。

平面図は縮尺250~500の作成が標準となっており、カメラレンズの歪み補正值を用いて作業することが規定されている(写真-1)。



写真-1 デジタルステレオ図化機

(3) 航空レーザ測量

セスナにレーザを搭載して計測する手法で、上空から地上に向けてレーザを照射し点群を計測する。

セスナ機に取り付けられたGNSS(Global Navigation Satellite System)⁴⁾とレーザに取り付けられIMU(inertial measurement unit)⁵⁾から機体の位置情報と姿勢情報を得る。

レーザデータには色情報がないため、同時搭載されているデジタルカメラで空中写真データを計測と同時に取得して点群に色情報を付加する。

レーザ径が大きく、ファースト・セカンド・ラストと段階的に取得できるため草木の隙間をとおり地盤に近いデータを取得することが可能。

(4) 地上レーザ測量

三脚にレーザを搭載して計測する手法で、座標と標高が付加してある基準点などに三脚で機器を据え付け

てレーザを照射し計測する。観測間隔は約30mごとに移動して計測を行う(写真-2)。



写真-2 地上レーザ計測

(5) 移動計測車両による測量(MMS)

車両にレーザを搭載して計測する手法で、GNSSやIMU等を装備し、計測した瞬間の位置・方向・傾きを記録し、連続で計測している1データの正位置を算出し、それらを合成して三次元データを作成する(写真-3)。



写真-3 MMS計測

(6) UAVレーザ測量

UAVにレーザ計測機を搭載して計測する手法で、航空レーザ測量と手法は変わらないが飛行高度が低いいため詳細な点群を取得することができる。

(7) 計測技術の一覧

以上、説明した三次元計測技術6手法について、それぞれの計測精度や特徴を整理した(表-1)。

3. 河道計画・実施設計業務への活用事例

(1) 三次元計測の現状と課題

写真を使用した三次元データ作成は表-1のとおり裸地以外でのグランドデータを取得することが困難で、レーザ計測は上空からの照射で行う方が効率的であることが解っている。また、(6)UAVレーザ測量は、現時点で公共測量として認められていないが、高精細、工程短縮、人が行けない場所への活用など、河川三次元測量の優れた技術として期待されている。

そこで(6)UAVレーザ測量で計測した場合にグランドデータの取得と地上測量の測量成果との整合は見込めるか検証した。

(2) 計測箇所の状況

対象河川は道央地方を流れる川幅が小さい普通河川で、耕作地や草木が主な地形になっている(写真-4)。



写真-4 計測箇所の状況

(3) 三次元計測

計測をするために使用したUAVはDJI社マトリス600プロでスキャナは軽量(1.6kg)イエロースキャンを搭載した。

スキャナ性能の計測レート7.5万点/秒を考慮して対地高度40m、ラップ率を約60%で行い、点密度を約5cmになるように計測した(写真-5)。

表-1 計測種類の一覧

種類	取得範囲	計測精度	手法	特徴
(1) UAV三次元点群測量	小	5cm	写真からソフトで点群を作成	写真から高密度な点群を発生出来るが、写真で記録された部分しか点群を発生できないので草木部分のグランドデータ取得が困難である。
(2) UAV空中写真測量	小	5cm	写真から図化機で線データを作成	写真を実体視して線データを取得できるが、写真で記録された部分しか実体視できないため草木部分のグランドデータ取得は困難である。
(3) 航空レーザ測量	広	15cm	高高度からレーザで点群を計測	上空からレーザを照射するので草木の隙間をとおり地盤に近いデータを取得できるが、点群密度が粗いため詳細な地形判別が困難である。
(4) 地上レーザ測量	小～中	1cm	地上からレーザで点群を計測	地上から高密度で点群を計測できるが、草木・塀・建物・起伏が激しい場所など、障害物がある場合はグランドデータ取得が困難である。
(5) MMS測量	広	5cm	車両からレーザで点群を計測	地上から移動しながら高速で点群を計測できるが、草木・塀・建物・起伏が激しい場所など、障害物がある場合はグランドデータ取得が困難である。
(6) UAVレーザ測量	小～中	5～10cm	低高度からレーザで点群を計測	上空からレーザを照射するので草木の隙間をとおり地盤に近いデータを取得でき、低高度から様々な角度から計測アプローチができるので詳細な計測が可能である。



写真-5 UAVレーザ計測状況

(4) 点群作成

三次元計測したデータをIMUデータから解析して点密度の確認を行い、計測した時間帯のGNSSデータと標定点(座標付けを行う基準の点)を使用して点群を現地の位置と合わせる作業を行い、点群オリジナルデータを作成した(図-2)。

標定点(写真-6)は地面から約50cm上げて点群データから認識できるように工夫し、地上測量で設置した基準点から座標を取得した。



図-2 点群オリジナルデータ



写真-6 標定点の設置

(5) 点群編集

取得したオリジナルデータを点群編集ソフトで展開し、測量図に関係性のある(地面・橋梁・護岸・流入施設など)点群のみを表示できるように編集した(図-3)。

草木の部分は最下層にある点を地盤として捉え処理するが、現地で取得している点ではないため周囲の点との関係性に確認が持てない場合は補測が必要になる。



図-3 構造物の点群

(6) 未取得部分の現地補測

今回使用したレーザは赤外線のため水面の中は取得できない。そのため河床内の三次元形状はトータルステーションやGNSS測量機で観測を行う。

また、点群編集集中に確認が得られなかった部分や草木に隠れている重要な施設を確実に反映させるため、現地踏査で地形の把握を行い地上測量により補測を実施した(写真-7)。

また、構造物の位置や高さなど重要な部分についても計測を行い点群の精度確保に努めた。

観測は三次元的に変化している部分を観測した。



写真-7 現地補測状況

(7) グランドデータ作成

UAVレーザの精度は5cm~10cmの較差があるので同じ個所の観測点で標高に開きが生ずる場合はフィルタリング処理を行い最下層の点を使用する。

また、現地補測した点では密度が不足するので10cm間隔の点になるように補間をしてから合成を行い、現地の再現性が高い三次元データを仕上げた(図-4)。



図-4 点群グランドデータ

(8) 線形からの横断面作成

線形要素(線形SIMデータ)を点群処理ソフトに取り込み、横断方向上の点を取得した(図-5)。



図-5 横断点の取得

点群で作成した横断面図と実測で取得した横断面図を比較した。図-6のように多少の違いはあるが横断測量の精度を考えると良好な結果が得られ、従来の現地作業に要した日数より30%短くできた。

計画法線が測量法線より大きく変更になった場合に現地で作業することなく三次元データから横断面を作成することが可能で、任意の箇所で作成できることから、用地条件の厳しい位置などで、横断的なチェックが可能となる。

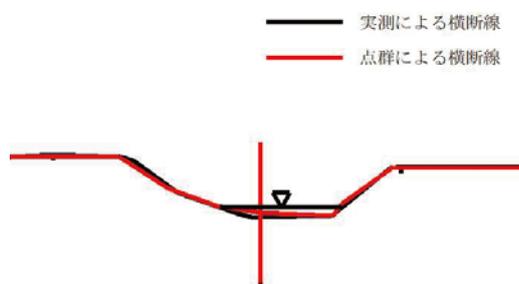


図-6 横断比較図

4. 三次元測量技術の課題

本事例ではUAVレーザデータの活用について述べたが、単独使用での活用には次のような課題が残る。

(1) グラウンドデータ作成における課題

草木や笹が濃いところではレーザが地面まで到達しておらずグラウンドデータの取得ができていない。また、点群処理ソフトのフィルタリング機能を使用して点群を処理したケースでは必要な点も削除されていた。測量技術者による点群処理と実測による縦横断を意識した補測が必須だということが分かった。

(2) 平面図作成における課題

点密度が粗い場合、法面の肩・尻の形状や構造物角の形状把握が難しいため平面図を作成するのは困難である。

弊社ではデジタルステレオ図化機によるUAV空中写真測量を行って平面図を作成しており、点群・図化機・実測を併用することでデータの3重チェックを可能とし正確性が向上している。

5. 三次元測量技術の展望

本事例の計測箇所は河川の川幅が小さいため、実測による河床内の三次元計測を容易に行えたが、川幅の大きい河川では要する時間が大きくなり工程バランスが崩れる。

そこで期待されるのがグリーンレーザで、波長が赤外線レーザの約半分と短く水に吸収されにくいのが特徴で、透明な水であれば約13mまで観測が可能である。赤外線と同じく地表にあるものを計測できるので三次元計測を行える。

しかし、河川の水は濁りが強く計測可能かどうかは検討していく必要がある。

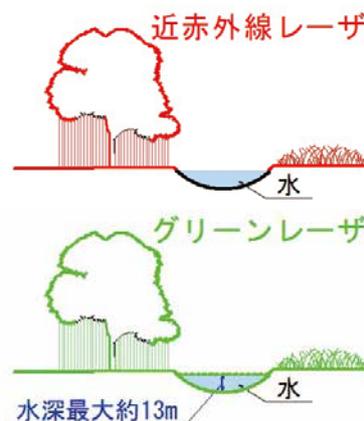


図-7 レーザ取得イメージ

6. おわりに

近年は多種多様の3次元計測技術があり、その有効性を今後も理解して併用しなければならない。

それと同時に測量と三次元の知識を併せ持った技術者の育成を使命と考え、今後も新技術を積極的に取り入れ、社会に貢献していきたい。

<注釈>

- 1) MMS: 移動式高精度3次元計測システム
- 2) SfM: 複数枚の画像からカメラの姿勢情報と疎な3D点群を推定する技術
- 3) MVS: SfMの情報を使ってさらに密な点群を求める技術
- 4) GNSS: 人工衛星の総称で発射される信号を用いて位置測定を行う技術
- 5) IMU: 運動を司る3軸の角度と加速度を計測する装置(慣性計測装置)