

UAV を利用した河道内樹木等の維持管理

Riparian forest management using UAVs

共通事業本部 環境部 宮崎 靖
共通事業本部 環境部 三田 賢哉

北海道では平成28年の台風襲来以降、気候変動に伴う豪雨の頻発・激甚化を見据え、流下阻害の解消を念頭に置いた河道内樹木等の伐採計画の作成及び更新が進められている。

本稿では、ICT技術であるUAV等を利用して、河道内樹木の繁茂状況を簡易・効率的に把握し、伐採等の維持管理に活用した事例を紹介する。

1 はじめに

北海道では、平成28年8月17日から8月23日の1週間に3つの台風(7号、11号、9号)が連続して上陸し、北海道東部を中心に大雨により河川の氾濫や土砂災害が発生した。また、平成28年8月29日からの前線と台風10号の接近による大雨により、十勝川水系や石狩水系・空知川上流で堤防の決壊や河川の氾濫、日高山脈東側での道路や橋梁の流出などが相次ぎ、大きな災害となった。十勝川水系では、国管理の札内川の堤防が200mあまり決壊し、北海道管理のパンケ新得川やペケレベツ川、芽室川などで橋台背面の洗掘等により、多数の橋梁被害が発生した(写真1.1参照)。斜面崩壊の土砂流出などに伴い、多くの樹木が河川へ流出して洪水被害を助長したことが報告されている。¹⁾²⁾

国では、気候変動に伴う豪雨の頻発化・激甚化を見据えて、国土交通省及び林野庁と総務省から各都道府県及び市町村に「緊急浚渫推進事業」への迅速な対応が求められている。一方、道内では、予防保全の考えを取り入れた「河道内樹木伐採などの河川維持管理のあり方(北海道.2017)」等を踏まえ、流下阻害の解消を念頭に置いた河道内樹木の伐採計画の作成及び更新が進められている。³⁾



写真1.1 流木集積による橋梁破損状況(芽室川)

2 ICT技術等の活用

豪雨の頻発化に伴い迅速な対応が求められているが、現地調査を主体とした手法(横断測量・立木調査等)のみでは膨大な作業時間が費やされ、限りある予算で対応できる範囲にも限界がある。

弊社では、調査費の縮減や作業時間短縮を目的にICT(Information and Communication Technology(情報通信技術))であるUAVや航空写真、衛星写真の利用を進めており、河道内樹木の繁茂状況を簡易・効率的に把握し、伐採等の維持管理に活用している。

2.1 UAV測量

UAV測量は航空写真測量よりも導入コストが安く、低空飛行により高解像度画像や3D点群データを取得することが可能となっている。伐採・掘削範囲の抽出や具体的な伐採・掘削方法を検討する場合は、UAV撮影(低高度垂直写真・斜め動画)による詳細な画像が有効である。一方、航空写真等の広域画像は水系全体や延長が数十kmに及ぶ河川区間について、繁茂状況を把握し検討区間を絞り込む有効な手段である(表2.1参照)。

UAV測量には、PHANTOM4pro(DJI社製)など写真を撮影する「UAV写真測量」とUAV搭載レーザからレーザを照射する「UAVレーザ測量」があり、業務内容により適した手法を採用している。レーザ機器は非常に高価であるため、1回の測量にかかる費用も高額になることから、費用見合いの成果が求められるかの判断が重要である。

表 2.1 UAV 測量と航空写真測量の比較

	UAV 写真測量	UAV レーザ測量	航空写真測量
メリット	<ul style="list-style-type: none"> ・低空飛行により高解像度画像が取得可能。 ・立入りが難しい箇所での測量データ取得が可能。 ・撮影範囲が小規模の場合、航空機よりもコストが安価。 	<ul style="list-style-type: none"> ・木に覆われていてもレーザパルス(1秒間に数十万回発射)が樹間や葉を通り抜けることが出来れば、地盤の測量が可能。 ・立入りが難しい箇所での測量データ取得が可能。 ・反射強度の違いから地物(建物、樹林等)をある程度判断可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・同気象条件で広範囲取得可能。 ・立入りが難しい箇所での測量データ取得が可能。
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ・木などの遮蔽物があった場合、地盤の測量は不可能。 ・広範囲を撮影する際は、離発着地点の移動とバッテリー交換が必要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・緑が濃い時期(7~8月)はレーザパルスが通り抜けることが困難。 ・広範囲を撮影する際は、離発着地点の移動とバッテリー交換が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・UAV と比べ撮影高度が高く、解像度が粗い。
コスト	<ul style="list-style-type: none"> ・普及が進み、安価。(機器代:数万~数百万) 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常に高価。(機器代:数百万~1千万程度) 	<ul style="list-style-type: none"> ・非常に高価。(機器代:1億円程度)

2.2 UAV測量の有用性について

「現地実測」と「UAV写真測量」、「UAVレーザ測量」の横断形状を基に長所短所を比較・検証した。

なお、検証は簡易な河積阻害を判断する「立木の投影面積」を算出するために必要な現地作業(横断形状の地盤高及び立木の表層高取得)を対象とした。

(1)対象河川と調査区間

測量対象とした河川は川幅約40~50mで耕作地帯を流れる中小河川である。

(2)横断面形状の計測手法

a)実測

精度評価の基準とする現地の実測データはレベル測量(Leica社製Leica Sprinter 150M)およびGPS測量(Trimble社製Trimble R10)を使用して横断地形を測定した。横断測線は横断上の変化点の絶対座標と、植生の繁茂状況を記録した。計測は2020年7月に行った。



写真2.1 レベル測量実施状況

b)UAV写真測量

UAVはPHANTOM 4pro(DJI社製)を使用し、撮影の対地高度を149.5mで設定した。撮影はUAVに搭載された1センチCMOSカメラ(有効画素数:2,000万画素)で実施し、写真の解像度は4.1cm/pixelとした。撮影設定はオーバーラップ75%、サイドラップ75%とした。撮影は2020年7月に行った。



写真2.2 PHANTOM 4pro 本体

c)UAVレーザ測量

計測はUL-1(PENTAX社製)のレーザを搭載したMATRIXE600(DJI社製)を使用し、計測の対地高度を60mで設定した。計測設定はパルスレート30kHz(毎秒3万点)、サイドラップ60%とした。計測は2020年7月に行った。



写真2.3 MATRICE600本体

(3)横断形状の比較

a)UAV写真測量から横断面形状の取得

撮影後の連続静止単画像を取得し、SfM解析(Structure from Motion:オーバーラップしている静止画像から対象物の3次元形状を復元する技術)により、DSM(数値表層モデル)データを作成した。

b)UAVレーザ測量から横断面形状の取得

計測で得た点群データからフィルタリング処理によりグランドデータと表層データを抽出した。データから内挿補完処理によってDEM(数値標高モデル)データとDSM(数値表層モデル)データを生成した。

c)測量精度の比較方法

取得したDEMデータとDSMデータから現地実測で測定を行った横断測線の地盤高(DEM)と表層高(DSM)を抽出した。実測とUAV写真測量、UAVレーザ測量の横断形を重ね合わせて比較を行い、長所短所を比較した。

d)作業時間の比較

実測作業時間を基準として相対的に比較した。

(4)結果

a)横断形状の比較

実測とUAV写真測量、UAVレーザ測量の横断形を重ね合わせて比較を行った結果を図2.1及び表2.2に示す。

UAV写真測量及びUAVレーザ測量は、短所に留意することで、実測と同等の成果を得ることが出来る事を確認した。

b)作業時間の比較

実測作業時間(3名×0.5h)を基準に比較すると、UAV写真測量、UAVレーザ測量、実測の順に作業範囲を多くこなすことが出来る(表2.3参照)。

UAV写真測量及びレーザ測量を活用すれば、面的に広い範囲でデータを取得することが可能となる。ただし、UAV写真測量については、地盤高(DEM)を取得することが出来ないため、実測の簡易横断と組み合わせる必要がある。

表2.3 作業時間の比較

項目		作業量	範囲
実測	簡易横断	3名×0.2h	約200m
	立木調査	3名×0.3h	
UAV写真測量		3名×0.5h	約0.4km ² (200m×2000m)
UAVレーザ測量		3名×0.5h	約0.1km ² (200m×500m)

表2.2 横断形状の比較

UAV 写真 測量	表層高(DSM)については、立木の位置は同様の結果を得られたが、一部左岸側の立木のみ5mの誤差が確認された。UAV写真測量範囲の端部であったことからSfMの際の照合点が少ないため、歪みが強いDSMデータが生成されたことが原因である。 長所 :表層高が取得可能。 短所 :地盤高が取得できない、実測が必要、検証範囲よりも広めに撮影しないと歪みによる誤差あり。
	大部分が地盤高(DEM)を捉えて、大きな誤差は確認されなかった(数cm程度)。左岸のみ立木の葉が濃く、レーザが通過せず、地盤高を捉えていない。 表層高(DSM)は、実測の立木の位置や樹高とほぼ同様の結果が得られた。 長所 :地盤高と表層高が取得可能。 短所 :葉が濃い箇所は地盤高の取得が困難、計測時期の調整が必要。

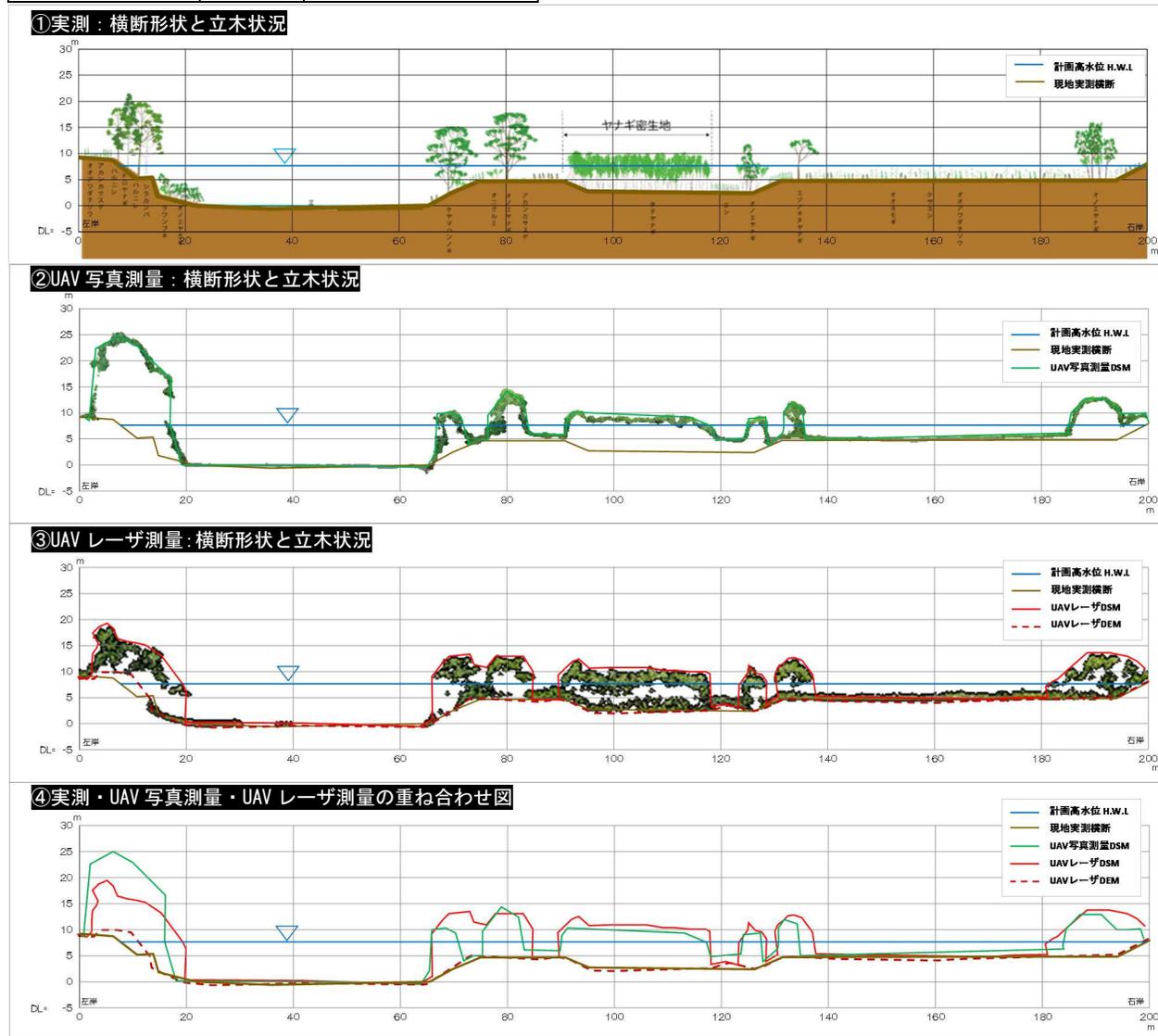


図 2.1 横断形状の比較図

3 活用事例

UAV写真測量及びUAVレーザ測量より取得したデータの活用事例を以下に示す。

3.1 簡易的な河積阻害の検証

「2.2 UAV測量の有用性について」で取得した表層高(DSM)と地盤高(DEM)から、立木の投影面積を算出し、流下阻害を検証した(図3.1参照)。

流下阻害は「立木の投影面積が河道断面の3割程度を超えたとき」を条件として河積阻害の有無を判断した。

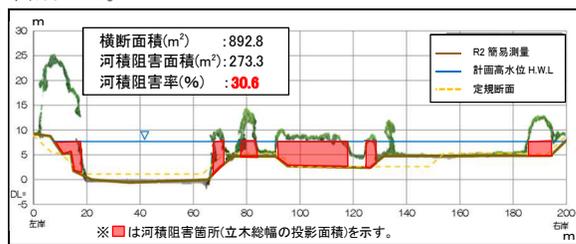


図3.1 河積阻害の判定状況

3.2 樹木の繁茂状況(樹高・密度)や土量抽出

河川改修後、低水路内の地形の変化や樹林化速度は著しく、経年変化を客観的に検証するために繁茂状況(樹高・密度)などの定量的なデータをUAV測量結果からESRI社製ArcGIS(地理空間解析ソフト)を使用して算出した。また、伐採計画の際に必要な密度(本/m²)及び土量(m³)についてもUAV測量結果から算出することが出来る。

樹高…DSMデータからDEMデータを引き算することで、機械的に広範囲の樹木を抽出し、樹高区分した。

密度…落葉時期に取得した3D点群データから立木を抽出し、密度(本/m²)を算出した。

土量…DEMデータと計画河床等の差分により土量(m³)を算出した。

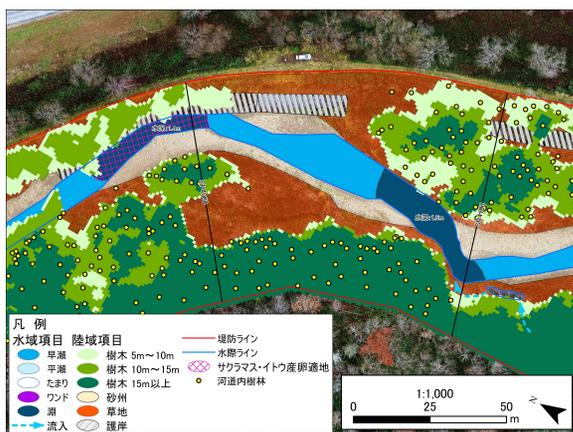


図3.2 樹木の繁茂状況と流れ区分

3.3 保全対策検討への活用(植生図、環境情報図、3Dモデル)

UAV測量結果は保全対策検討への活用も有用である。

高解像度のオルソ画像から植生図や流れ区分図を判読して作成することが出来る。また、3D点群から山地の傾斜角や樹高などを算出し、重要動植物の生息条件を統計解析することにより、ポテンシャルマップ(生息適地図)を作成することが出来る。

その他、3Dモデルにより猛禽類営巣箇所からの眺望図や保全対策後の3Dフォトモンタージュに利用することが出来る。



図3.3 3D点群データによる3Dモデル
(河道内樹木の状況)

4 まとめ及び今後の展望

従来、現地で立木の樹高などを実測していた作業について、UAVを活用することで作業時間を軽減することが可能となり、効率的な繁茂状況の把握が可能となった。

今後は、多くの河川で河道内樹木の繁茂箇所抽出と流下阻害の評価を、短期間で実施することが求められると予想される。このため、UAVなどの各種ICTを活用し、簡易な河道内樹木の繁茂箇所抽出と流下阻害の評価手法を模索していく必要がある。

今後も、河道内樹木等の維持管理において、ICT等技術を活用した作業の効率化・簡易化に向けて、より一層研鑽に励む所存である。

[参考文献]

- 1) 土木学会2016年8月北海道豪雨災害調査団.2017. 2016年8月北海道豪雨災害調査団報告書
- 2) 矢野 真一郎.2016.平成28年度九州地方計画協会研究支援「地球温暖化による河川水温変動が水環境に与える影響評価と適応策の検討」報告書
- 3) 北海道.2017.河道内樹木伐採などの河川維持管理のあり方