

山腹工における UAV（無人航空機）の活用事例

中信森林管理署 治山技術官 向山 剛
一般職員 森上 慶士
一般職員 加東 良彬

要旨

近年、治山工事の現場では、作業の安全性と効率性を向上させるために ICT の活用が求められています。そこで、今回、山腹工の施工状況の確認に UAV（無人航空機：以下「ドローン」）を活用し、その有効性について検証しました。

はじめに

治山工事における山腹工の施工状況の確認は、従来、目視により実施しています。しかし、斜面中腹部などの急傾斜地においては、危険を伴うため目視での確認が困難となる場合があります。また、完了後に施工数量や面積等を確定するための出来形確認については、測量に多くの人員と時間を要します。そこで、ICT を活用することにより、安全かつ効率的な現地確認を行うことができるのではないかと考えました。

中信森林管理署では、今まで治山工事に ICT を活用した実績がないため、今回、活用事例として、急斜面や高低差の大きい施工地に適した機材であるドローンを使用した現地確認を実施することとしました。受注者からの提案や協力の下、ドローンを用いた施工中の現地確認及び施工完了時の出来形確認の 2 つの取組を行いましたので、その内容を紹介します。

1 施工地の概要

今回の施工地である蒲原沢は、新潟県と長野県の県境である北安曇郡小谷村に位置しています（図-1、写真-1）。平成 29 年から現在まで、継続的に簡易法枠工（写真-2）及びモルタル吹付工（写真-3）の施工を進めており、山腹斜面の風化、侵食等を防止しつつ、緑化を行い水土保持機能の高い森林への復旧を図っています。施工地の特徴としては、傾斜 40° を超え、高低差は 120m（標高 530m～650m）と大きな急斜面になっています。しかしながら、山腹斜面の起伏が少ないことから、今回の取組の実施箇所として、本施工地を選定しました。

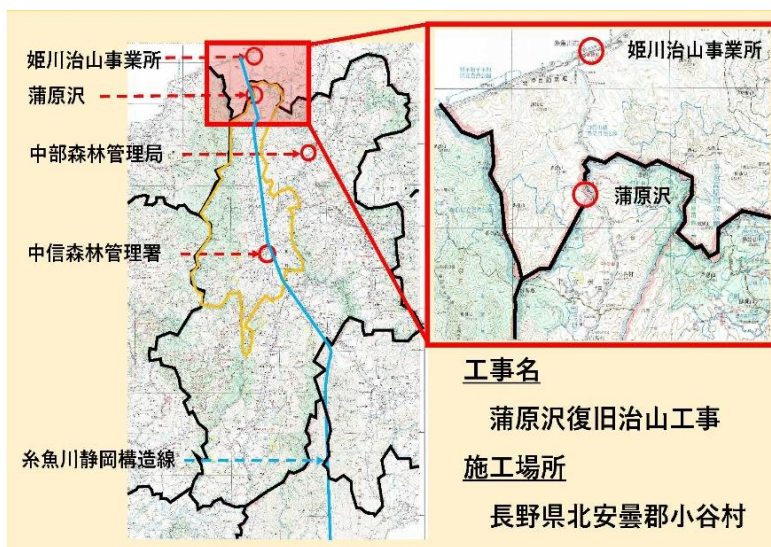


図-1：位置図



写真-1：蒲原沢



写真－２：簡易法枠工

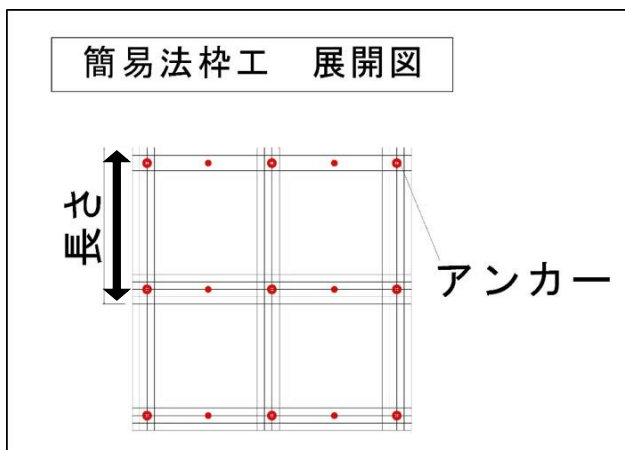


写真－３：モルタル吹付工

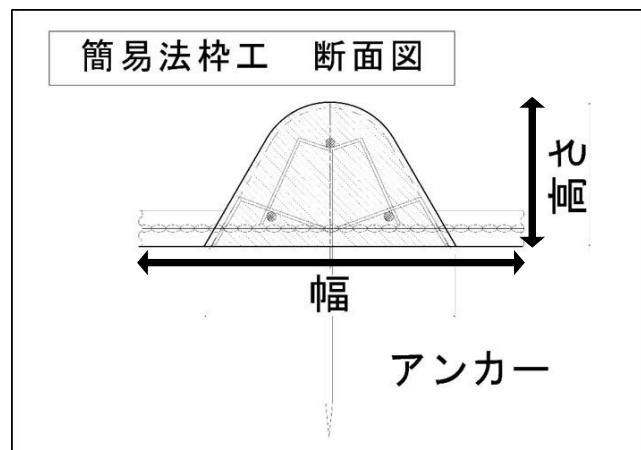
2 取組の経過

(1) 施工中の現地確認への活用

施工中は、一定の作業が終わる毎に現地で施工状況の確認を行います。簡易法枠工においては、法枠の寸法やアンカーの本数、枠断面の高さや幅を確認します（図－２、図－３）。従来の方法では目視で行いますが、今回の施工箇所は斜面中腹部であり、監督職員等が対象斜面へ行き目視で確認することが困難であるため、ドローンを用いて施工状況や寸法値の確認を行いました。



図－２：枠の寸法及びアンカーの本数



図－３：枠断面の高さ及び幅

(2) 施工完了時の出来形確認への活用

受注者及び測量会社のご協力の下、ドローン（Matrice600Pro）及びドローン搭載型レーザースキャナー（TDOT GREEN）を用いたドローンレーザー測量を実施しました。ドローンの下部にレーザースキャナーが搭載されており、レーザーを照射して跳ね返ってくるまでの時間等から、地面までの距離や座標等の位置情報を取得します（写真－４）。取得した情報を基に、施工箇所の面積等を計測することができます。

ドローンレーザー測量の範囲は、簡易法枠工及びモルタル吹付工を合わせた全面積を対象としました。ドローンレーザー測量を実施するにあたって、林野庁では山腹工の面積計測に関する基準等が定められていないため、国土交通省の出来形測量基準を採用し、点密度については1 m²あたり4点、調整用基準点については0.25 km²あたり最低4点を今回の測量基準としました（図－４）。



写真-4：ドローン及びレーザースキャナー

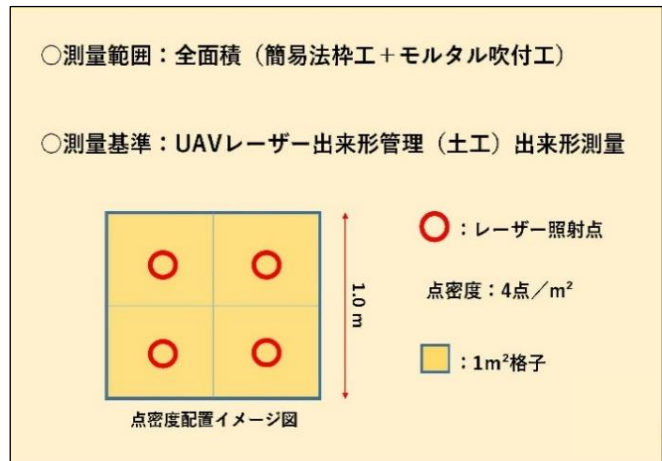


図-4：測量範囲と測量基準

3 実行結果及び考察

(1) 施工中の現地確認への活用

斜面中腹部の施工箇所について、ドローンで撮影した画像により全景及び近景の両方で施工の進捗や法枠の寸法を確認することができました（写真-5、写真-6）。また、ドローンを使用することで次の測定箇所までの移動時間が短くなるため、目視よりも効率的に現地確認を行うことができました。

しかしながら、確認項目によっては施工箇所までカメラを近づける必要があり、ドローンを飛行させて撮影することが難しい場合もありました（写真-7）。



写真-5：撮影状況の確認



写真-6：モニターによる法枠寸法の確認



写真-7：法枠断面の近景

(2) 施工完了時の出来形確認への活用

まず準備段階として、ドローンを安全かつ正確に自動飛行させるために、標高、飛行スピード、飛行ルート等の設定を行いました。

ドローンレーザー測量の当日は、コースの四隅に基準点を設置し、まず、レーザースキャナー非搭

載のドローンを使用して、事前に設定した飛行ルートで安全に飛行できるかどうか確認するためのフライトを行います。次に、ドローンレーザー測量のための本フライトを行い、地形や構造物の点群データ等の情報を取得します。最後に、画像撮影のためのフライトを行います。今回の測量にかかった時間は、本フライトのみで約15分間、全てのフライトが終了するまで約3時間でした。

測量終了後、専用のソフトを用いて、ドローンレーザー測量の結果をその場で閲覧することができました。収集した点群データにより、地形や構造物が立体的に映し出されます。標高の低い点群は緑色、高い点群は赤色で表示されています。この確認によって、対象斜面の点群データが適切に収集できているかどうかを現地で判断することができました（写真-8）。

後日、詳細な測量結果を専用ソフトにして提示していただき、内容を確認しました。図-5の太線で囲まれた箇所が令和2年度に施工した簡易法枠工の範囲です。測量範囲内は格子状に色づけされており、点群データの点密度を示します。1m²あたり4点以上という密度条件を満たす格子部は青色、密度条件を満たさない格子部は赤色で表示されます。今回の測量結果については全ての格子部が青く表示されていることから、要求精度を満たしていることが確認できました（図-5）。

また、施工した箇所の表面積を計測し、画像上に結果を表示させることができます。この専用ソフトは、レーザーで照射し測定した座標点を結んで表面積や距離を算出しており、初めて使う方でも容易に任意指定で計測することが可能です（図-6）。



写真-8：点群データによる地形の表示

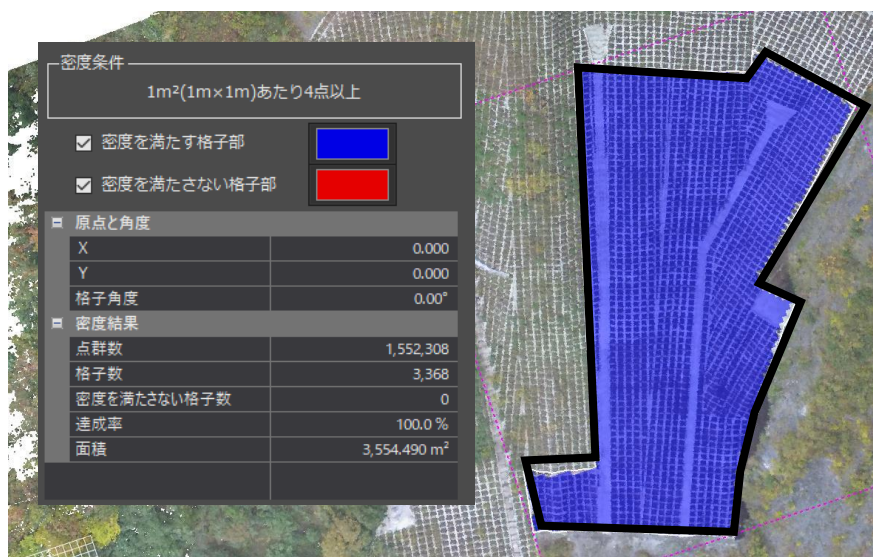


図-5：点密度の表示



図-6：表面積計測

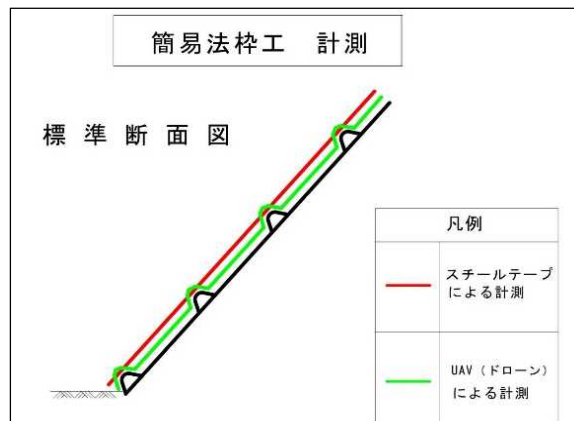
従来の方法では作業員等が対象斜面へ行き、スチールテープ等で測量を行います。ドローンレーザー測量では対象斜面へ行く必要がないため安全に測量ができ、必要な人員及び時間の削減もできました。面積測量結果については、全面積でスチールテープ計測では4569.2m²、ドローンレーザー測量では5066.8m²となり、比較した時の増加量は10.9%でした。モルタル吹付工のみの面積を計測した場合においても、同様の結果が得られました（図-7）。この結果については、スチールテ

プでの測量では斜面を直線的に計測していますが、ドローンレーザー測量では簡易法枠工の凹凸部分もレーザーの照射によって細かく点を拾って計測しているため、表面積が増加したのではないかと考えられます（図－8）。

○面積測量結果

測量方法 工種	スチール テープ	ドローン レーザー	増加量 (%)
全 面 積 (m2)	4569.2	5066.8	10.9
モルタル吹付工 のみ (m2)	342.1	375.6	9.7

図－7：面積測量結果



図－8：各測量による計測線

おわりに

山腹工において、安全かつ効率的に施工状況等の現地確認を行うにあたり、ドローンの活用は有効であることが確認できました。

ドローンレーザー測量については、今回は完成時に一度だけ実施しましたが、施工数量や施工状況の変化が一目で分かるように、施工前にも実施することが必要だと感じました。また、出来形確認への活用だけでなく、複数年にわたる施工となる場合など、工事の計画段階でドローンレーザー測量を実施し、施工地全体の点群データを収集することができれば、施工方針を検討する上でも役立つと思われれます。

しかしながら、山腹工に関する通知等は、現行ではドローンレーザー測量等の活用を踏まえた内容になっていません。このような ICT 技術は今後ますます発展していくことが予想されるため、それに合わせた管理基準が整備されれば、更なる普及が見込めると考えます。

なお、本取組の実施にあたり多大なご協力を賜りました株式会社笠原建設、株式会社かみえちご測地の皆様に厚く御礼を申し上げます。