

無人航空機 (UAV) レーザ計測システム (TOKI) を用いた新たな調査ツールとしての考察

(一財) 砂防・地すべり技術センター ○皆木美宣, 栢木敏仁, 小林拓也, 菊井稔宏
 中日本航空株式会社 鈴木浩二, 高橋弘, 瀬口栄作, 水野洋平
 株式会社コハタ 長井伸正

1. はじめに

近年, 無人航空機 (以下「UAV」) にデジタルカメラを搭載し, 撮影した画像データの多視点マッチング処理により三次元データを作成する技術 (SfM: Structure from motion) が急速に普及しており UAV を用いた災害調査や設計現場での地形把握など調査ツールとしての利用が増えてきている。

しかし, 空中写真測量の課題と同様に, デジタルカメラ撮影による画像データでは, 樹木下の地表面など画像データに記録されていない部分の三次元データを作成する事は難しく課題とされ, そのような課題に対して, 樹木間を透過し直接地面のデータが取得できる有人機による航空レーザ測量 (以下「航空レーザ測量」) の有効性が認識されており広く活用されている。

一方で, 航空レーザ測量を用いても, 上空 (高高度) からの航空レーザ測量は機器精度に依存する空間分解能上の制約があるため, 小規模な地形や土砂移動を精度よく把握することが困難な場合がある。

本報告では, UAV にレーザスキャナを搭載した計測システム「TOKI」 (以下「TOKI」) を用いて, 調査ツールとして前途した課題について研究を行い有効性について報告する。

2. UAV レーザ計測システム「TOKI」の概要

2. 1. TOKI のシステム概要

本研究に用いた TOKI は, 航空レーザ測量のシステムと同様に UAV にレーザスキャナと GNSS/IMU を搭載しているため, 高精度で高密度なデータを取得できる。



図 1 UAV レーザ計測システム「TOKI」

2. 2. TOKI の精度検証

本研究の実施前に TOKI の基礎検証や精度検証を実施しており, 高橋ら¹⁾によって結果が報告されている。基礎検証では, 高度別の取得幅や標高値の検証や, 1 cm オーダーの小物体の認識確認などの検証を行っている。精度検証では, 実測値との比較により, 水平位置および標高値の検証を行い, レーザ計測機器として数 cm 単位の精度を有する結果を得ている。

3. 実験の概要および結果

本研究に用いた TOKI は, 高精度で高密度なシステムである。本研究では, ①ガリの把握, ②礫径の把握, ③急峻地形の把握, ④小規模な地形変化の差分解析, ⑤樹木形状の把握を目的として, 北海道苫小牧市の覚生川・錦多峰川と北海道旭川市の神居古潭, 石狩川の 4 地区で現地実験を行った。

3. 1. ガリの把握 (覚生川)

ガリの把握について, 覚生川で実験を行った。航空レーザ測量でも, ガリの有無については把握可能であ

るが, 高高度からの取得密度や機械精度により, 小規模なガリについては把握することが困難である。TOKI で計測する事により, 低高度から高密度で地形データを取得することができるため, ガリの最深部までレーザが照射され取得されている結果を得た (図 2)。

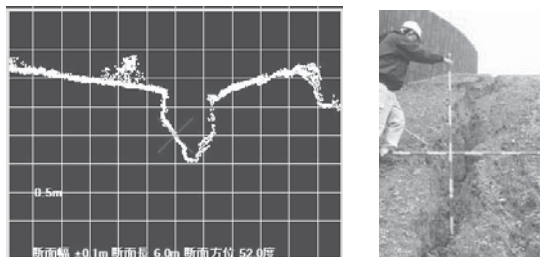


図 2 ガリの取得状況

取得したガリの長さ, 幅, 深さについては表 1 に整理する。取得したデータから長さ 1 m 以下のガリや 10 cm 程度の深さのガリまで判読可能であり, 小さな崩壊地の拡大や微少な土砂移動の把握など航空レーザ測量では把握出来なかった現象を把握する事が可能である。

加えて, ガリ密度についても取得データより解析を行い抽出した。図 3 に示す白色枠の面積は, 1,285 m²であり, それに対して浸食されている斜線の枠 93 箇所 (面積は, 325 m²) の面積は, 325 m²である。検証エリア内の 25.3% が浸食されている結果を得る事ができ, ガリ密度を抽出する事が可能である。

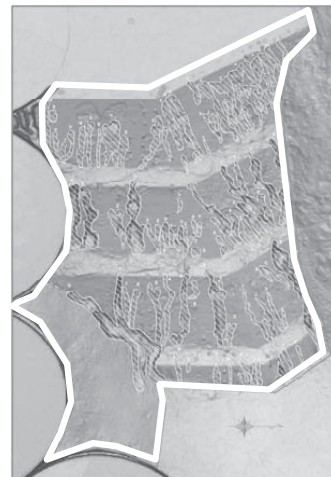


図 3 浸食箇所の抽出状況

表 1 ガリの抽出結果

	単位: m		
	長さ	幅	深度
最大	15.64	1.78	1.90
最小	0.83	0.27	0.11
平均	3.5	0.67	0.41

3. 2. 礫径の把握 (錦多峰川)

礫径の把握について, 錦多峰川で実験を行った。航空レーザ測量では, 1メートル以上の礫形状を判別する事は可能であるが, 小さな礫を判別する事は難しい。実験では, 現地で 49 個の礫のサイズを計測し TOKI で取得したレーザデータから礫の抽出を行い, 抽出結果を大 (50 cm 以上), 中 (25 cm~50 cm), 小 (25 cm 以下) の 3 つのサイズに分類し, 取得率を検証した。

現地写真	LP データ (1cm メッシュ)

表 2 区分別取得率比較

区分	点数	判読可能	判読不可能	取得率(%)
大(50cm ⁺)	10	10	0	100
中(25cm~50cm)	23	19	4	82.6
小(25cm ⁻)	16	11	5	68.7
全体	49	41	9	83.6
		礫サイズ平均	礫サイズ最大	礫サイズ最小
		35cm	77cm	5cm

実験結果を表 2 に示す。実験の結果、50 cm以上の礫は全数の取得ができた。25 cm~50 cmの礫では8割程度、25 cm以下でも7割程度の取得率であった。なお、判読ができなかった9個の礫については、38 cm以下の礫で、周囲の礫と密着しており高低差が少なく判読が困難であったと思われる。実験結果から、50 cm程度の礫の把握が可能で、航空レーザ測量では把握が難しい小さな礫の把握が可能であるが、これらの把握には画像の併用が有効であった。

3.3. 急峻地形の把握 (神居古潭)

急峻地形 (オーバーハング) の把握について、神居古潭で実験を行った。航空レーザ測量では高高度からの計測により、斜面にレーザが照射される割合が少なく地形の取得は難しい。TOKI は低高度での計測が可能で、レーザのスキャン幅を 330° 有しており、側面や下方からレーザを照射させる事が可能である。

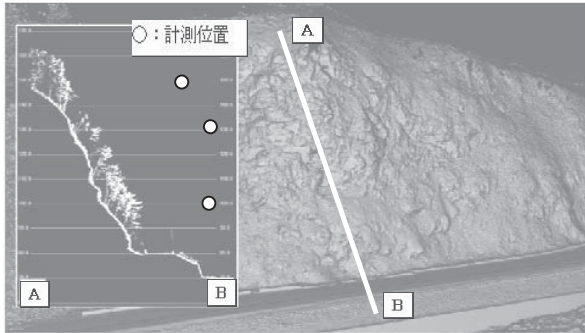


図 4 急峻地形の取得状況

実験の結果を図 4 に示す。図 4 から航空レーザ測量で取得の難しい急峻地形の取得ができ、植生下の転石などの災害の要因を把握する事が可能であることがわかる。

3.3. 差分解析および樹木形状の把握 (石狩川)

変動量把握の検証として、人為的に地形改変を行った変化の差分解析と、樹木形状の把握について、石狩川で実験を行った。

3.3.1. 小規模な地形変化の差分解析

差分解析の実験では、人為的に2箇所(掘削)を行い、地形改変前後の計測を実施し、差分の確認を行った。地点Aでは、深さ約40



図 5 レーザデータの差分状況

cmの掘削、地点Bでは深さ約20 cmの掘削を行った。地点Aでは、0.17 m³の掘削量と掘削移動量により0.22 m³の堆積が確認され、地点Bでは、0.17 m³の掘削量と0.20 m³の堆積が確認された。実験の結果、1 m³以下の

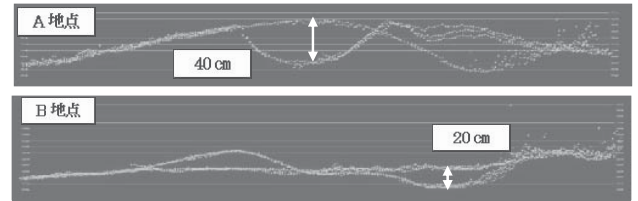


図 6 断面図による比較

微小な土砂移動についても判読が可能である。

3.3.2. 樹木形状の把握

航空レーザ測量では、表層のデータは取得できるものの、密生した樹木下のデータは取得しにくい傾向にある。しかし、高密度な計測が可能でTOKIで計測を行うことで、植生下のデータを取得でき、樹木の形状も詳細に捉えられている(図7参照)。



図 7 樹木の取得状況

実験では取得したデータから、25m×25mのプロットを作成し、プロット内の樹木の本数、樹高、胸高直径を算出した。実験の結果、植生下の地形データと樹木の形状を詳細に取得できており、材積の算出が可能であり、砂防計画における流木量算出や河川管理などにも適用可能と言える。

4. まとめ

前述したとおり、TOKIでは細かな土砂の移動現象や急峻地形、樹木なども計測する事が可能であり、航空レーザ測量や航空写真では、把握できていなかった現象や情報に対してアプローチできることが確認された。今後のモニタリングや調査・解析の基礎資料として有益な情報を得る事ができる。しかし、従来の手法と比べ1回の計測時間など制限されるため、取得範囲や調査対象物により、航空レーザ測量や画像データを使用するなど調査方法の棲み分けが重要となる。

《謝辞》

本研究を進めるにあたり北海道開発局には検証フィールドや航空レーザデータをご提供頂きました。ここに記して謝意を表する。

《参考文献》

- 1) 高橋ら(2015):超小型モバイルレーザ計測装置のUAVへの適用,先端測量技術107号
- 2) 高野ら(2015):ラジヘリによるレーザ計測の精度検証,第1回大会 測量・地理空間情報イノベーション大会