

## UAV 高密度点群データを用いた広葉樹林のデジタルツインモデルの構築事例 — 斜面崩壊予測への活用をめざして —

国際航業株式会社：○初見 慧、笠原拓造、小泉和也、西方大翔  
神戸市立工業高等専門学校：鳥居宣之  
株式会社アーバンクリエイティブ：玉利正人

### 1. はじめに

近年、山地の荒廃溪流からの土砂や流木が、下流域に流下し河道に堆積、川の流れを阻害して氾濫する「土砂・洪水氾濫」による災害が注目されるようになった。その対策として、航空レーザ測量による地形測量と数値演算技術の発達に伴い、高精細な河道モデルの取得と実用レベルの河床変動計算が普及している。しかし、土砂生産源における降雨での斜面崩壊と表面侵食および崖錐・溪床堆積土砂の再移動を予測する数値演算手法は、未だ確立されていない。

著者らは、『土砂生産源からの土砂流出には、森林の影響が大きく関係しているのではないかと』に着目し、樹木根系の緊縛力や成長に伴う樹木重量が斜面崩壊にどう関係するのか定量的に評価する手法の開発を進めている。<sup>1)</sup>

本稿では、森林による斜面崩壊への定量的な影響を評価するために実施した UAV 点群データを用いた広葉樹林のデジタルツインモデルの作成を試行した結果を報告する。スギ・ヒノキなどの針葉樹人工林は、航空レーザ測量成果をベースに解析できるが、広葉樹は針葉樹に比べて樹頂点や樹冠が明瞭でないため、樹木の本一本を識別できていない。広葉樹林のデジタルツインモデルの構築を確立することで、山地内の森林による効果を評価することが可能になることが期待できる。

### 2. 調査範囲

調査範囲は兵庫県神戸市中央区の中尾谷である。この流域は土砂災害警戒区域（土石流）に指定されており、植生はブナ科コナラ属の常緑広葉樹（アラカシ）が主体的である。

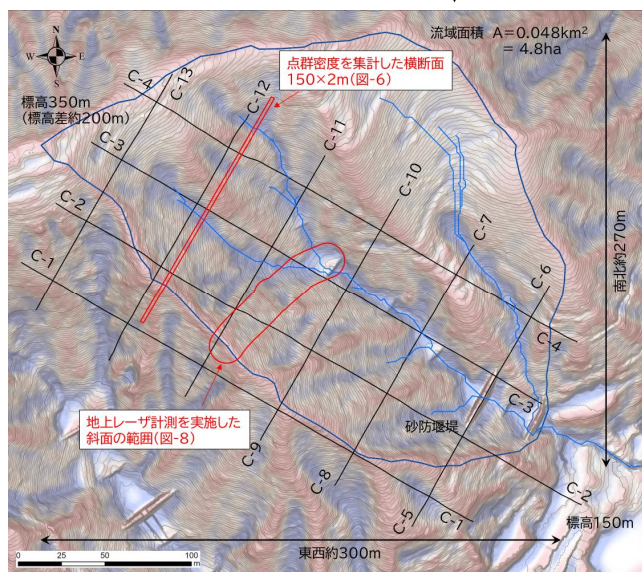
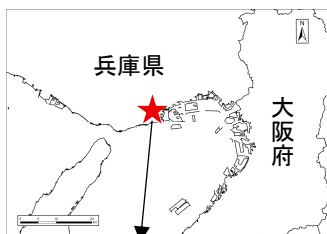


図1 調査範囲と UAV 飛行コース

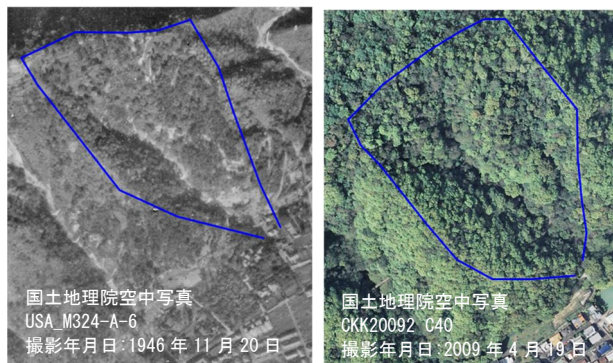


図2 調査範囲の斜面被覆状況

### 3. UAV レーザ測量

UAV レーザ測量は夏季と冬季の2回実施した。飛行コースは様々な角度からレーザを照射できるように縦横のコースを設定した。(図1)



図3 使用したレーザ

夏季；令和7年7月30日  
冬季；令和8年1月7日  
機体；PD6B-TypeⅢ（プロドローン社）  
レーザ計測装置；VUX-1UAV22/APX20（図3）  
飛行速度；3.45 m/s  
パルスレート；最大1,200 KHz（120万点/秒）

### 4. 地上レーザ計測

UAV レーザ測量による広葉樹の抽出結果と比較するため、図1に示す範囲にて地上型レーザスキャナによる計測を実施した。また、この手法は従来針葉樹の計測に用いられており、広葉樹に対しても針葉樹と同等の計測精度を得られるかどうかを検証した。



図4 使用したレーザ

冬季；令和8年3月5日  
機器；森林3次元計測システム  
（株式会社アドイン研究所）

### 5. デジタルツインモデルの作成

① 測量時期別の UAV レーザ計測結果

夏季の点群密度は 4,591 点/m<sup>2</sup> であり、冬季は 6,660 点/m<sup>2</sup> となった。点群密度を割合で比較すると、夏季は樹高 5m 以上で 95.9% 到達しているのに対し、地表面に到達したのは 2.4% であった。一方冬季は、樹高 5m 以上で 72.3% 到達しているのに対し、地表面に到達したのは 18.5% であり、夏季と比較して約 8 倍多く到達していた。この要因として、冬季に比べ夏季の広葉樹の葉がより繁茂していたことが考えられる。このことから、より精度の高い計測結果を得るためには、広葉樹の場合でも冬季に UAV レーザ計測を行うことが必要であると言える。

夏季においては、図6における断面AとBにおいて点群断面図から概ね幹の太さを抽出することができた。

UAV レーザ計測の場合は、航空レーザ計測と比較して低高度での計測が可能であり、真上(90°)だけではなく斜めからのレーザ照射ができる。地表1m未満と1m以上5m未満における照射仰角別の点群密度をみると、夏季においても冬季においても40°～70°あたりの点群密度の割合が大きくなっている(図7)。森林解析の為のレーザ計測においては、低高度による斜め照射が有効であることが示唆された。

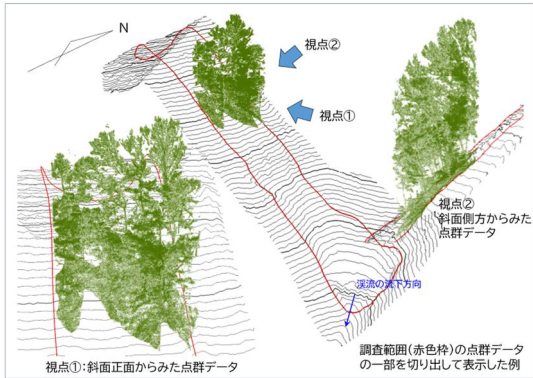
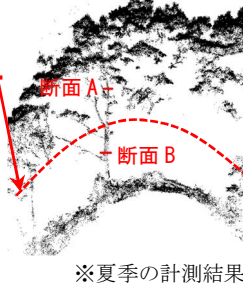


図5 UAVレーザ計測によるデジタルツインモデル

密度(高度)	夏季		冬季	
	点密度 (点/m <sup>2</sup> )	割合 (%)	点密度 (点/m <sup>2</sup> )	割合 (%)
密度(5m~)	4,402	95.9	4,818	72.3
密度(4m~5m)	17	0.4	109	1.6
密度(3m~4m)	16	0.4	120	1.8
密度(2m~3m)	18	0.4	172	2.6
密度(1m~2m)	17	0.4	148	2.2
密度(0.5m~1m)	10	0.2	65	1.0
密度(DEM~0.5m)	111	2.4	1,229	18.5
密度(合計)	4,591	100.0	6,660	100.0



※夏季の計測結果

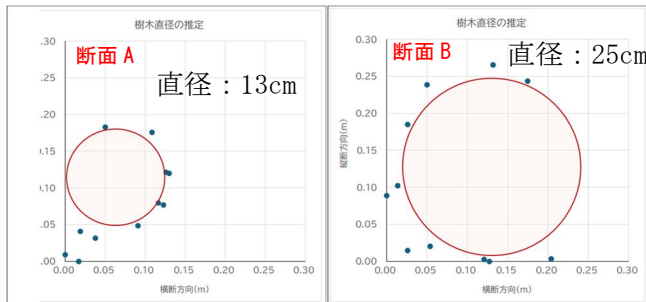


図6 夏季・冬季の計測結果と立木の点群断面図

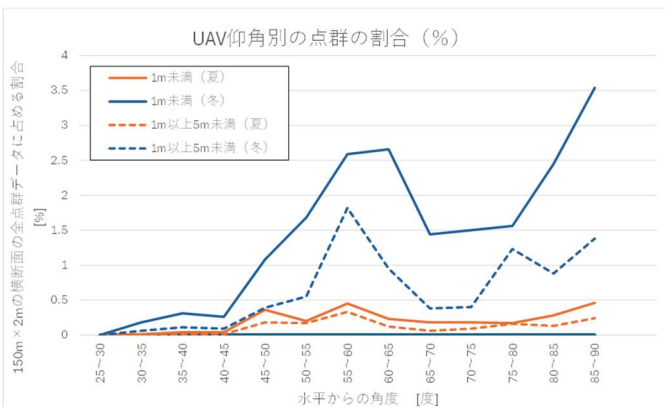


図7 照射仰角別の点群割合

## ② 地上レーザ計測による広葉樹の抽出

立木の位置や幹の直径は自動計測で抽出できたものも幾つかみられたが、枝分かれや立木の形状によっては実際とは異なる数値となる場合が多く、広葉樹の計測は調査後の机上での修正作業が必要であった(図8)。測点ごとのデータ結合は針葉樹のように自動で解析できなかったため、著者らは人力で立木の分布を整理した。UAV レーザ計測による森林解析結果と比較すると、地上型レーザスキャナで計測した高木の立木密度(779本/ha)と同程度となった。



図8 地上レーザ測量による計測事例

## ③ デジタルツインモデルの作成

UAV 点群データ(冬季)と地上型レーザ計測結果より、それぞれデジタルツインモデルを計測範囲全域で作成した。その結果、樹木密度は両者同程度となったが、平均樹高は地上レーザ計測、平均直径はUAV レーザ計測がより大きい結果となった。(表1)

表1 地上レーザ計測とUAVレーザ計測結果の比較

	地上レーザ計測	UAV レーザ計測
樹木密度(本/ha)	779	784
平均樹高(m)	10.0	16.9
平均直径(cm)	24.8	17.4

## 6. まとめ

UAV レーザ測量において点群密度を高くすると、広葉樹林において樹木の位置(密度)と樹高、胸高直径の計測ができることが分かった。夏季より冬季の方が地表に到達する点群密度が高くなった。なお、夏季においての点群断面図から概ねの幹の太さを抽出することができた。

幹への照射仰角は夏季・冬季の両方で40°～70°で割合が大きく、森林解析の為のレーザ計測においては、低高度による斜め照射が有効であることが示唆された。

地上レーザ計測とUAVレーザ計測による森林解析の結果、立木密度は同程度となった。

今後は、流域単位等の広範囲における斜面崩壊予測につなげていくために、山地斜面のデジタルツインモデルを使用して樹木を効率よく抽出する方法を検討したい。

## 参考文献

1) 鳥居宣之・笠原拓造(2025):山地小流域における土砂流出に対する危険度予測のための簡易的な流量観測について(その3), 令和7年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 535-536.