

国有林フィールドにおける UAV の活用について

国土防災技術（株） 第二技術開発センター ○
愛知森林管理事務所 総括森林整備官
名古屋大学大学院生命農学研究科 助教

藤原 美波
村井 千秋
近藤 稔

要旨

小型無人航空機（UAV : Unmanned Aerial Vehicle）を用いた森林調査の事例を示すとともに、森林管理における UAV の活用方法や今後の展望について示しました。また、愛知森林管理事務所で開催している「生産性向上プロジェクト」のフィールドとなっている甚古山国有林を対象として、UAV で取得した数値表層モデル（DSM : Digital Surface Model）を用いた数値標高モデル（DEM : Digital Elevation Model）の作成と単木数の自動算出に取り組みました。

はじめに

近年、林業就業者の減少や高齢化が課題となっていることから、現地作業における労力の軽減、生産性の向上などが求められています。その中で、小型無人航空機（UAV : Unmanned Aerial Vehicle）による写真測量は、迅速に詳細な数値表層モデル（DSM : Digital Surface Model）や高解像度のオルソ画像を作成できることから、森林管理において活用が期待されています。本報告では、森林における UAV の活用事例を示すとともに、新たな森林管理手法としてさらなる UAV の活用方法について検討します。

1. 森林における UAV の活用事例

(1) 崩壊地調査

崩壊地調査の事例を示します。平成28年4月16日未明の熊本地震の本震により発生した阿蘇大橋での斜面崩壊を UAV で空撮しました（図1）。空撮に要した日数は1日で、等高線図とオルソ画像は空撮の翌日に完成しました。等高線図は1m 間隔で、オルソ画像の解像度は5cm です。このように、人の立ち入りが困難な崩壊地においても、迅速に図面化できたことに加え、崩壊地内部のガリーなどの微地形も詳細に把握することができました。



図1 崩壊地の等高線図（左）、オルソ画像（右）

(2) 林況調査

林況調査の事例を示します。松くい虫対策や広葉樹除去等の管理が実施され、毎年状況が変化している海岸林を UAV で空撮しました（図2）。海岸林の縦断形状を把握するために、点群の断面図

を作成しました (図 3)。この海岸林においては、A, B, C の 3 パターンの点群の分布が見られました。A は鉛直方向に広く点群が分布する場合であり、林冠ギャップの存在する林分において樹冠長の長い個体や樹高の異なる立木からなる林分の状況を表すと考えられます。B は上面に点群が一定の高さに集中し線状に分布する場合であり、林冠が鬱閉した林分の状況を表すと考えられます。C は上面と下面の 2 箇所に点群が集中し、2 つの線状に分布する場合であり、林冠と地表面の両方に点群が取得されていることから、一部林冠ギャップが存在する林分の状況を表すものと考えられます。このように、点群の断面図から、林分の粗密度を把握することができました。

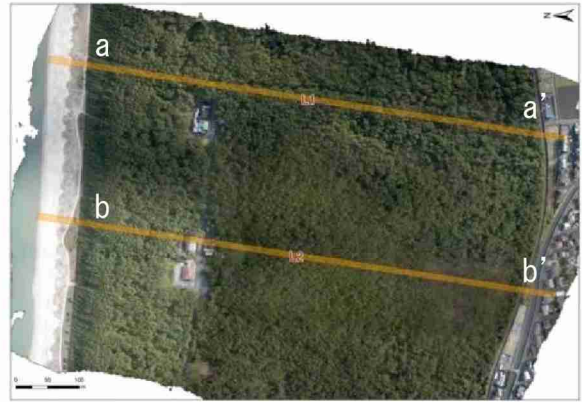


図 2 海岸林のオルソ画像

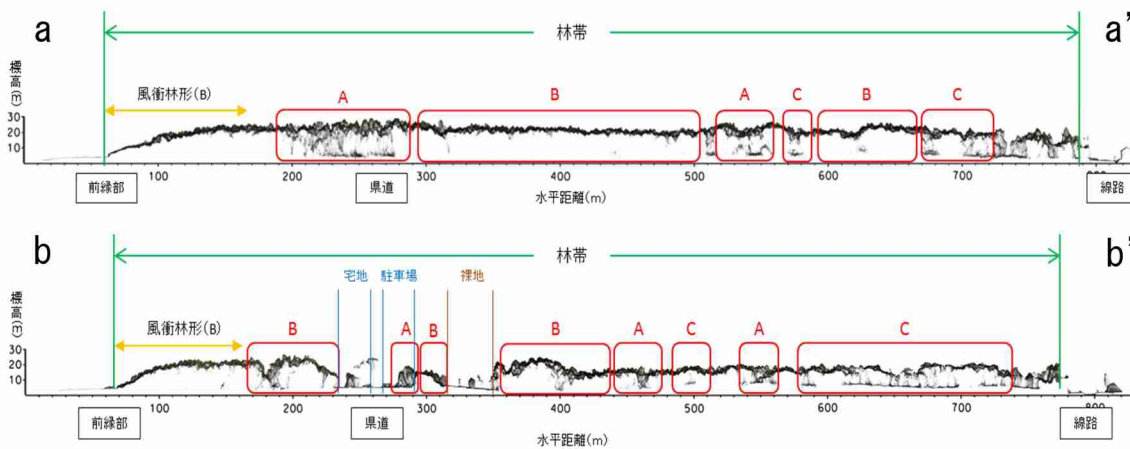


図 3 海岸林の点群断面図

(3) 雪害調査

雪害調査の事例を示します。冠雪による幹折れ等の樹木被害が発生している山林を UAV で空撮しました (図 4)。UAV 空撮によって作成したオルソ画像から、幹折れした樹木を目視判定し、冠雪害の広域的な分布を把握しました。オルソ画像の解像度は 5cm です。冠雪害を受けていない健全な森林と比較すると、被害を受けた樹木は樹枝がむき出しになっており、オルソ画像で容易に判定することができました。



図 4 雪害調査のオルソ画像 (左：健全な森林, 右：雪害を受けた森林)

2. 森林におけるさらなる UAV の活用に向けてー生産性向上プロジェクトでの取り組みー

森林管理における UAV の活用の一例として、UAV で取得した DSM を用いた数値標高モデル (DEM : Digital Elevation Model) の作成と、単木数の自動算出に取り組むこととしました。対象地は、愛知森林管理事務所で実施している「生産性向上プロジェクト」のモデル事業地となっている甚古山国有林 233 い林小班, 233 ろ林小班をフィールド提供していただきました (図 5)。甚古山国有林は、図 5 に示す範囲で皆伐と列状間伐が施業されています, UAV の空撮は、伐採前と伐採後に行いました。DSM の作成には Agisoft 社の PhotoScan, 単木の抽出には QGIS を使用しました。DSM のグリッドサイズは 50cm です。

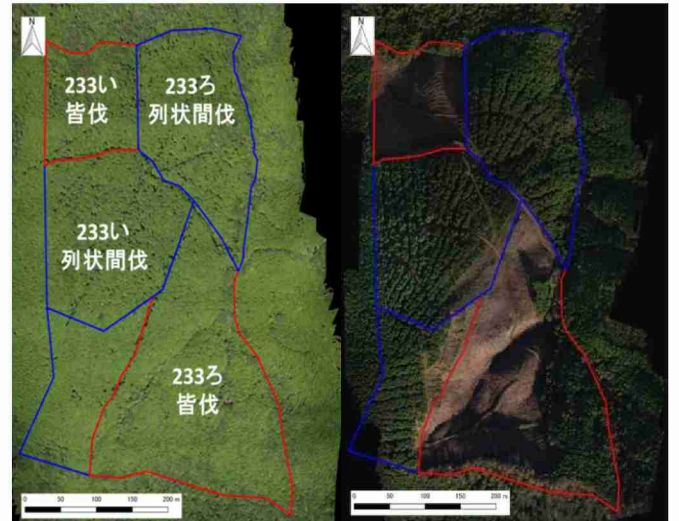


図 5 甚古山国有林全景 (左 : 伐採前, 右 : 伐採後)

(1) DEM の作成

UAV の写真測量で取得できる DSM は、樹木形状を含むデータであるのに対し、DEM は樹木形状を除いた地形のデータです。地形をより詳細に把握するために、伐採後に空撮して取得した DSM から樹木のデータを除去することで DEM を作成しました。作成した DEM から等高線を描写した結果を図 6 に示します。等高線の間隔は 2m です。伐採が施業されている範囲はおおむね実際の地形を表現できましたが、図 6 中の楕円で示した箇所のように、樹木が鬱閉しているような範囲については実際の地形とは異なる等高線となりました。楕円で図示した箇所は樹木が鬱閉しているため、UAV の写真測量では地表面が取得できなかったと考えられます。

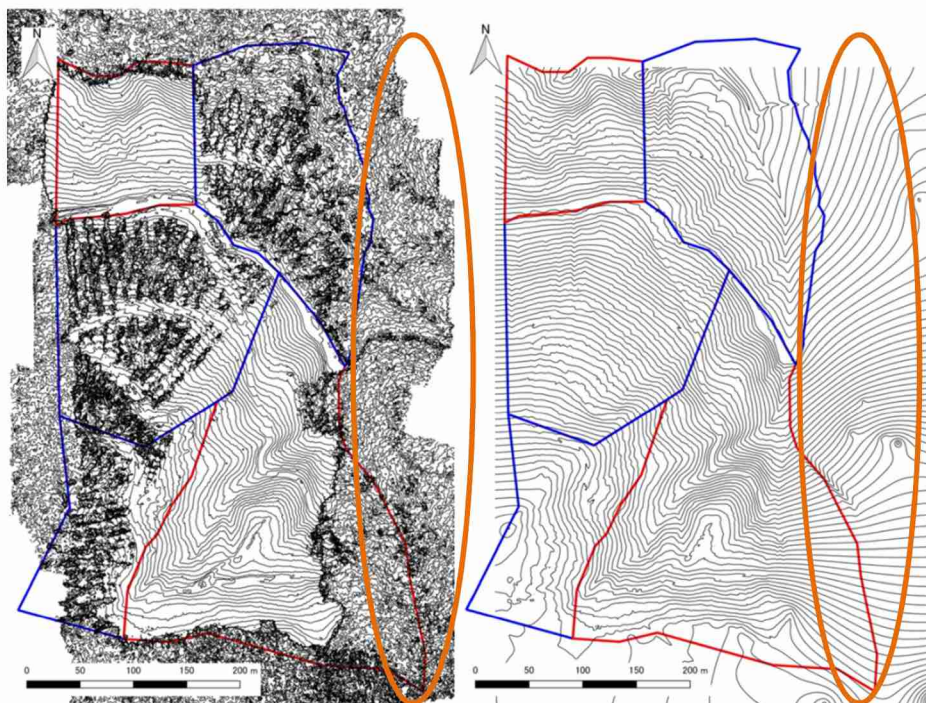


図 6 甚古山国有林の等高線図 (左 : 伐採後の DSM, 右 : 伐採後の DSM から樹木を除去)

(2) 単木数の自動算出

一般的に、単木の本数は現地調査によって得られますが、今回は UAV で取得した DSM を解析し、樹頂点を自動抽出することで単木数を算出しました。算出した単木の本数は、標準値調査の結果と比較しました。樹頂点の自動抽出結果と単木数の算出結果を図 7 と表 1 に示します。樹頂点は、伐採前のオルソ画像で視認できる樹冠の中心を概ね捉えることができました。また、標準地調査に対する自動算出の比を UAV による単木の抽出率とすると、233 い林小班では 96%、233 ろ林小班では 113% となり、抽出率からもおおむね樹頂点を抽出できたと考えられます。しかし、伐採後のオルソ画像を見ると、図 7 中に円で示した箇所のように、切り株の位置に樹頂点が抽出できていない場合や、切り株がない位置に樹頂点が抽出されている場合などがあり、樹頂点の抽出精度にばらつきがあることが分かりました。樹頂点が抽出できていない箇所は、被圧木などであると考えられます。また、過剰抽出している箇所は、樹冠に複数の凸部がある樹木であると考えられます。

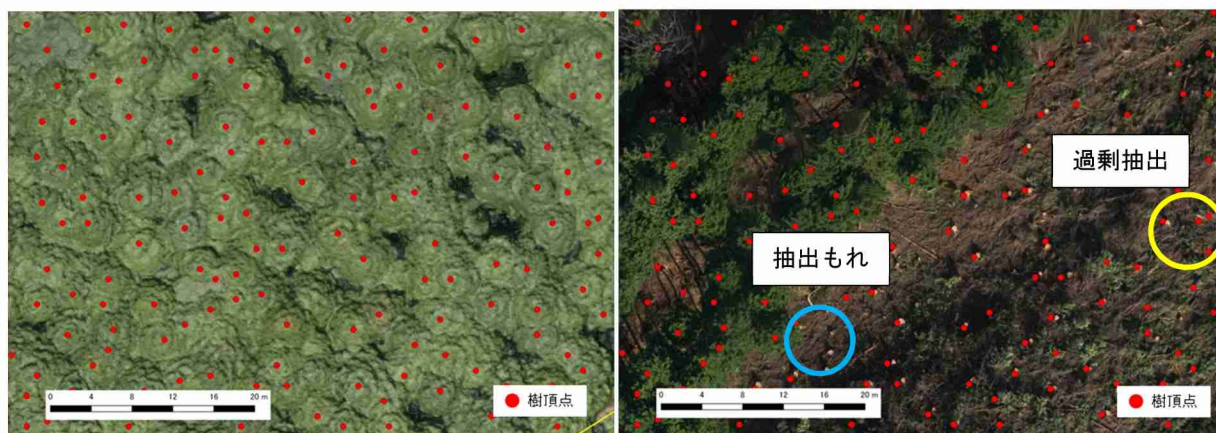


図 7 単木抽出結果（左：伐採前オルソ画像（透過率 30%）+傾斜図+樹頂点，右：伐採後オルソ+樹頂点）

表 1 標準地調査と UAV による単木数の算出結果の比較

	面積(ha)	標準地調査		UAVによる自動算出	
		本数	密度(本/ha)	本数	抽出率
233い	10.26	8103	790	7746	96%
233ろ	4.95	3038	614	3442	113%

おわりに

森林管理における UAV の活用事例を示すとともに、甚古山国有林を対象として、UAV で取得した DSM から、DEM の作成と単木数の自動算出に取り組みました。今後の課題として、DEM の作成や樹頂点の抽出手法の精度の向上が挙げられます。また、樹頂点の抽出については、抽出精度に大きく影響すると考えられる樹種や樹冠形状の違いを検討する必要があります。

今後の展望として、抽出した単木データを利用した樹高や材積の算出、単木レベルでの森林管理へ応用も取り組んでいこうと考えています。また、さらなる UAV の活用方法として、カメラだけでなくマルチスペクトルカメラなど、他のセンサの利用についても検討していきたいと思ひます。