

UAV×AI×点群処理による山林火災跡地の調査

～調査の安全性向上と効率化を目指して～

キーワード 山林火災, UAV, 深層学習, 物体検出, 点群処理

先端技術研究所 長尾 隆伸・本間 亮平・服部 聰子・諸 治謙
森林ソリューション技術部 北林 拓 西日本空間情報部 下川 光治 福島支店 大竹 哲矢

はじめに

近年、山林火災が国内外で頻発しており、広域に被害をもたらしています。被害を受けた樹木は林業活動に支障をきたす可能性もあることから、被害状況を迅速かつ定量的に把握することが求められます。しかし、現地調査は足場が悪く危険を伴うことや、従来の紙台帳や測量機器を用いた方法における作業効率の低さが課題となっています。

アジア航測はこれらの課題に対処するため、UAV（無人航空機）を用いて撮影した山林火災跡地の画像から深層学習により被災樹木を検出し、さらに撮影画像から生成した点群を使用することで被災樹木の地理座標を高精度に取得する手法を開発しました。本稿では UAV による撮影から被災樹木の抽出方法と、抽出精度及び作業時間の評価結果について紹介します。

UAV による撮影と点群の生成

被災樹木を詳細に調査するため、林内の樹冠下から被災樹木を高解像度かつ網羅的に撮影する直下撮影を行いました（図 1）。撮影にあたっては林内での衝突回避のため Visual SLAM を搭載した機体（SkyDio 2+）を使用しました。また地理座標の参照を与えるため、林外からの撮影と林内・林外を接続するための撮影も併せて行いました。撮影した画像から SfM/MVS（Structure from Motion / Multi View Stereo）技術を使用して地理座標を持った点群を生成しました。



図1 左：UAVによる撮影イメージ 右：UAV撮影画像

深層学習による被害箇所の検出

深層学習における物体検出技術は、画像や映像に写っている特定の物体を矩形として検出し、その種類を判定する技術です。本手法では、林内詳細撮影画像から被災樹木の幹部を検出するために物体検出技術を用いました。即応性が高く高速な物体検出が可能な物体検出手法 YoloX を採用し、画像中の被害箇所を目視により矩形で囲むことで学習データを作成しました（図 2）。なお、樹木の焼損判定は初の試みであるため、分類クラスは「被害あり」の 1 パターンとしました。また、学習・推論時は、撮影画像（4056 × 3040 ピクセル）をモデル入力に適した 684 × 512 ピクセルへとダウンサンプリングして使用しました。



図2 被害あり樹木を選択した学習データの作成例

点群を用いた地理座標の付与

深層学習によって検出した被害箇所は画像上の位置であり地理座標ではないため、検出した時点では地図上における位置は分かっていません。そこで、地理座標を持った点群も併用して被害箇所の地理座標を算出します。まず、点群と画像を重ねるために、SfM で算出された画像撮影時の位置と姿勢を使用して、点群を投影変換します。次に、被害箇所の矩形位置の中心座標を求め、その中心座標に対応する点群の座標を取得します。この時、図 3 に示すように、撮影方向（撮影位置から中心座標への方向）の最近傍点ではなく、撮影方向の一定範囲内における最近傍点を取得することで、周辺の地面ではなく確実に樹木部の点を取得するようにしました。続いて、深層学習による検出結果には倒木や誤抽出が含まれる場合があったため、上記処理によって取得した点（樹木抽出点）の上方向の一定範囲内の点数を集計し、一定点数未満の場合は樹木以外とみなして、その点を除去しました（図 4）。林内詳細撮影では隣接する画像同士が重複することから、複数の画像に同一の樹木が写っています。よって、1 本の被災樹木に対して複数の樹木抽出点が検出されることがあるため、複数の樹木抽出点から樹木の代表点を近傍点のクラスタリング処理により求めました（図 5）。

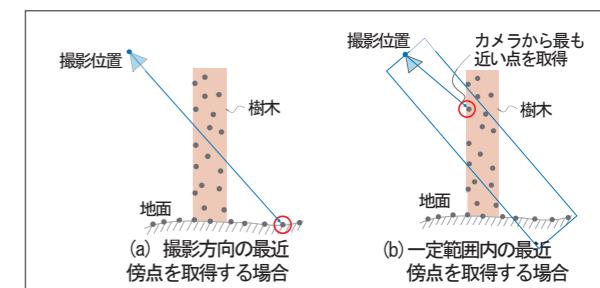


図3 被害箇所の中心座標に対応する地理座標の取得方法

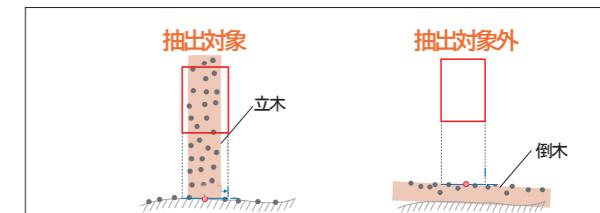


図4 立木と倒木の点分布の違い



図5 樹木抽出点から樹木代表点の取得

結果

深層学習による被害樹木の検出性能を適合率、再現率、F1 スコアによって評価しました。適合率は過剰検出の度合いを、再現率は検出漏れの度合いを、F1 スコアは適合率と再現率の調和平均を表します。深層学習による被害樹木の検出を実施した場合の適合率、再現率、F1 スコアは、それぞれ 87.4%、70.4%、78.0%となりました。深層学習による被害樹木の検出に加えて点群による地理座標を付与した場合の（最終的な樹木代表点は、目視で抽出した被害樹木の点から 0.4m 以内に存在すれば成功と判定しました。）適合率、再現率、F1 スコアはそれぞれ、87.5%、82.4%、84.8%となりました。

おわりに

山林火災による被害樹木の調査の安全性向上や作業時間の短縮のために、① UAV により撮影した画像から SfM/MVS によって点群を生成、②撮影画像から深層学習により被害樹木を検出、③点群と画像上の被害樹木検出箇所を用いて被害樹木の地理座標を取得、という一連の手法を開発しました。今後は、より多くの被災状況を深層学習のモデルに学習させて検出性能を向上させることと、焼損パター

ンを識別できるようにすることが重要と考えています。アジア航測では今後も深層学習や点群処理の技術を適用することで山林火災跡地の現場調査の安全性向上や迅速かつ高精度の調査に貢献していきます。

謝辞：農林中金山林再生基金事業の一環で西白河地方山林組合から発注された業務成果の一部です。ご指導いただきました皆様に感謝の意を表します。

表1 作業時間の短縮効果の比較

	従来手法（人力）	試行手法
現 地 調 査 時 間	2時間31分/100本	57分/100本
SfM/MVS・深層学習・点群解析	-	1時間01分/100本
現 地 + 解 析 時 間	2時間31分/100本	1時間58分/100本