

無人航空機と深層学習モデルを用いた トドマツの着果量評価技術を開発

林木育種センター北海道育種場:花岡 創

北 海道の主要造林樹種であるトドマツの着果には豊凶があり、毎年安定してたくさんの種子(球果)が採取できるわけではありません。育種種子の供給源である採種園の着果状況を把握し、苗木生産者等へ情報提供する取組を効率化することを目的に、無人航空機(UAV、ドローン)を用いて採種園に生育するトドマツを撮影し、その撮影画像から人工知能(AI)の一種である深層学習モデルを用いて球果を検出する技術を開発しました。また、令和3年度には、北海道森林管理局と連携し、本開発技術を活用した着果調査を国有林の採種園で試行し、着果個体の位置や着果量を情報提供する取組も開始しました。

成 果

■ 育種種子の採種に関する近年の課題

トドマツの育種種子の供給を支える採種園は、国有林に造成されたものだけでも北海道内に10ヶ所あります。育種種子の採取・供給を促進することを目的に、国有林にある採種園については、北海道育種場と北海道森林管理局が共同で球果(図1)のつき具合を毎年調査し、その結果を情報提供しています。しかし、採種園に植栽された精英樹の樹齢は60年を超え、樹高が高く林冠も閉鎖してきており、地上からの着果調査にかかる労力が増していました。また、それに伴って調査精度が調査者間で変動しやすくなることも課題となっていました。そこで、UAVを用いて上空からトドマツの球果がつく樹冠を撮影し、その撮影画像から効率的かつ客観的にトドマツの球果を検出・定量する深層学習モデルを開発しました。

■ 開発した深層学習モデルの概要

本研究では、深層学習アルゴリズムの一つであるYou Only Look Once (YOLO) v4を利用し、トドマツの樹冠画像に写った個々の球果を検出するモデルを開発しました(図2)。北海道森林管理局の協力のもと、北海道内にある採種園等でトドマツの樹冠を撮影し、それらの画像に写った球果の位置座標データを作成しました。合計で6,138個の球果が写った356枚の学習用画像を用いてモデルに学習させ、構築したモデルの精度を検証するため、学習用とは別に用意した合計1,692個の球果が写った92枚の検証用画像をモデルに適用しました。その結果(図3)、88.5%の平均適合率(average precision)となり、同じアルゴリズムを使用して植物の果実等の検出を試みた海外の研究事例と同程度の精度が得られました。このことから、画像から着果量の多い個体を探索するといった目的には十分に利用可能であると判断しました。

■ 開発した技術の実用化と今後の展望

令和3年度には、北海道森林管理局網走中部森林管理署と連携し、北見市常呂町にある岐阜採種園にて、開発したモデルを活用した着果調査を試行しました。網走中部森林管理署にUAVの飛行に適した気象条件の日を選んで採種園で撮影をしてもらい、その画像を北海道育種場に送付してもらいました。北海道育種場では、それらの画像を開発したモデルを用いて解析し、UAVで撮影した位置情報と合わせてとりまとめ、北海道育種場のwebサイト(<https://www.ffpri.affrc.go.jp/hokuiku/business/chakka.html>)上に公開しました(図3)。今後も、新たに入手した画像を基に深層学習モデルの改良を継続するとともに、他の国有林採種園でも同様の取組を推進します。また、保残伐施業で残す母樹の選定等、開発した技術の多様な活用手法について検討します。

研究資金と課題

本研究は、本研究所の実施課題「林木育種技術の高度化」による成果です。

文献および参照サイト

花岡創(2021) 畳み込みニューラルネットワークを用いた無人航空機(UAV)撮影画像からのトドマツ球果の検出. 日林誌, 103, 372-377

専門用語

育種種子: 育種により選抜・改良された個体である精英樹で構成された採種園から採取された種子。

深層学習: ディープラーニングとも言う。人間の神経細胞の仕組みを再現した、多層からなるニューラルネットワークを用いた機械学習法の一つ。画像認識等に広く用いられます。

平均適合率: 物体検出モデルの評価に一般的に使われる指標であり、値が大きいほど物体検出等の精度が高いことを示します。



図1 トドマツの樹冠に着生した球果の例。樹冠の側面から撮影した球果(左)と樹冠上方から撮影した球果の例(中央及び右)

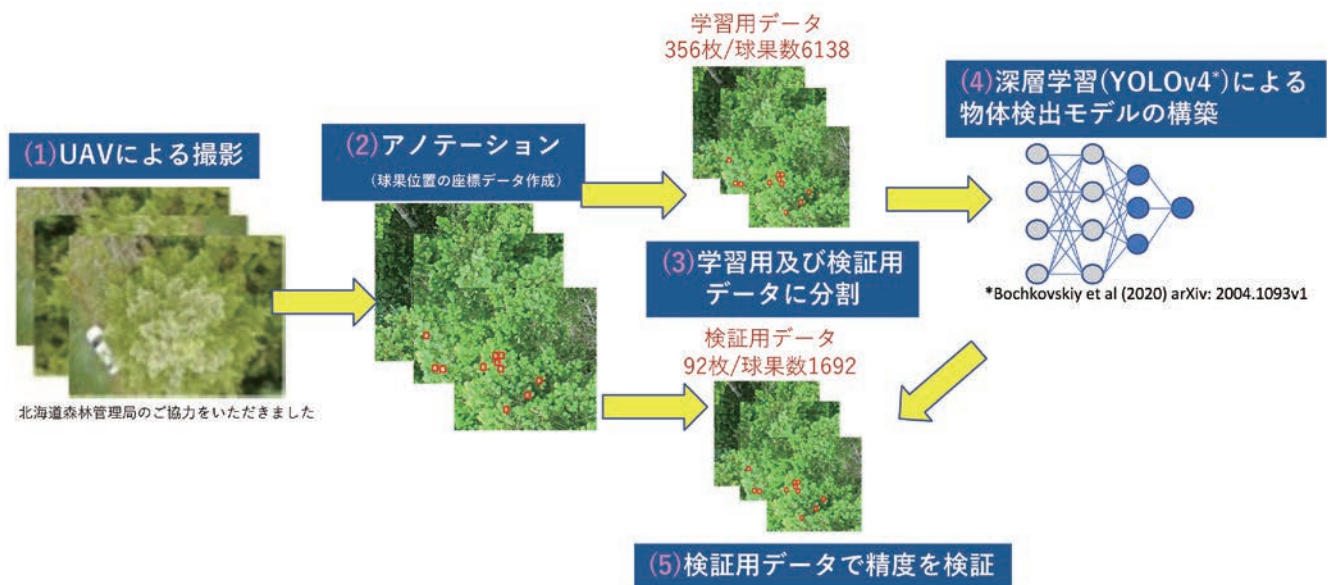


図2 深層学習モデルの開発手順



図3 深層学習モデルを用いて球果を検出した例(左)と北海道育種場のWebサイトで実際に公開した着果調査画像の例(右)
個々の球果を検出して四角で囲み、それぞれの信頼度に関するスコア値も表示されています。