

人工知能を用いない自動画像解析による枯死木検出法の開発

八戸工業大学大学院 ○赤松笙太 佐々木崇徳（教授）

1 はじめに

現在、青森県は松枯れ病被害の国内最北端の地です。この病害の国内での被害は 1905 年に長崎県で発生し、1913 年に福岡県での事例と合わせて報告されたもの [1]が最初とされていますが、徐々にこの被害は北上を続けました。青森県内に於いても図 1 松枯れ病の報告例に示すように 2010 年に深浦町から津軽側で、2018 年には三八地域でも南部町小向地区で被害が報告されており、早急な対策が必要とされています。

青森県ではこれを踏まえ図 2 現在の枯死木探索の流れと実施期間に示すような流れで航空写真による松枯れ被害木の枯死木探索を目視によって実施、その結果を元に駆除を行っており、実際に一定の成果を挙げています。なお、広大な地域を対象にすべての地域において目視による単木単位での探索を行った場合には、混交林の中に散在した状態で自生している松も多いことから探索作業に時間が非常にかかり、その結果、後の現地調査や伐倒駆除が春にずれ込んでしまっている場合があります。これによって松枯れの原因となる線虫（マツノザイセンチュウ）の感染を拡大させる媒介虫（マツノマダラカミキリ）が羽化してしまうことで、伐倒駆除が間に合わなくなる危険性があるため、より早い時期で駆除の完了を目指す必要があります。

そこで本研究ではこの枯死木の探索を機械化することで、目視による探索にかかっていた時間を短縮し、この現地調査から伐倒駆除を行うまでの時間をより多く確保するとともに省力化を推進することを目的にその手法の開発を行いました。特に高度なハードウェアを必要としない手法の開発を目指すことで利用検討者の導入障壁を極力下げ、より多くの人に使ってもらうことで被害拡大の抑止を狙いました。

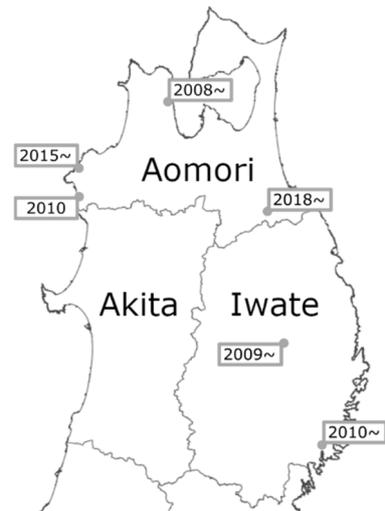


図 1 松枯れ病の報告例
(国土地理院白地図を加工)

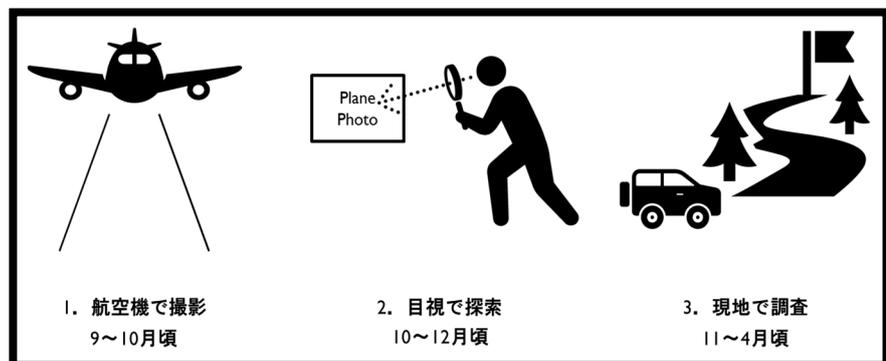


図 2 現在の枯死木探索の流れと実施期間

2 取組・研究方法

(1) システム要件の設定と構成の決定

① システム要件の設定

ア 基本条件の設定

本研究では先にも述べたように多くの人が使えるような汎用性のあるシステムの開発を目標としました。そこでまず以下の条件を満たすシステムの検討を行いました。

1. 地図の形で結果が確認できること
2. 位置情報等のメタデータを確認できること
3. シェアウェアを使用しないこと
4. 汎用的パソコン上で動作可能であること
5. 動作環境に左右されないこと
6. 長期運用に適した構成であること
7. オフライン環境でも利用可能なこと

1 と 2 の条件は実際にスマートフォンや Web 上で操作する地図アプリやフリー GIS ソフトの QGIS などのソフトの操作に近づけることで、操作の習熟に時間がかからないように配慮することとしました。

5 の条件に関しては一見 4 の条件に似ていますが、これは具体的にはクラウドシステム上にソフトウェアを設置しても、オンプレミス環境のサーバにソフトウェアを設置しても、クライアントパソコン自体でソフトウェアを動作させても解析が行えることを指しています。

イ 追加条件の設定 —人工知能の使用について—

現在、松枯れに関する機械的な探索手法としては人工知能を使ったものが中国を中心に盛んに研究されています。このような人工知能を用いた手法を利用する場合、検出したい枯死木が実際に枯れている写真を多量に準備し学習を行わなければなりません。現在の三八地域はまだ激甚被害と言えるほどには松枯れ病による枯死木は発生していません。本研究では令和 1 年度からの三八地域で撮影された航空画像を主に使用して研究を行ったこともあり、単木単位での松枯れ枯死木のサンプル数が足りないこと、学習データの地域差（青森の東西や隣県など）による汎用性に疑問が残ること、特に学習時に非常に高いスペックを要求されることなどから、枯死木探索に人工知能を用いない手法を採用することとしました。

ウ 追加目標の設定 —システムの最小要件と処理時間の目標—

現在販売されているパソコンは Windows 10 以上がインストールされ、マルチコアでメモリが概ね 16GB 程度搭載しているものを多く見かけます。そこで上に述べた条件の 4 を満たすため、このようなパソコンをシステムの最小要件として動作するように、実際の解析処理は 8GB 程度のメモリで快適に処理が行えるよう設計することとしました。

また本研究の目的が目視探索と比較して短期間で処理を行うことであることから、同時にこの最小条件で解析した際に、少なくとも目視探索に必要としていた期間の半分の期間で処理が完結することを目標としました。

② システム構成の決定

以上の条件から、図 3 システム構成の概図の構成でシステムを構築しました。操作を環境に関わらず統一するためブラウザ上で行えるようにし、Docker 上でシステムを構築することで OS や運用法に関係なく全く同じ構成で動くようにしました。また Docker を使用することで不具合が発生した際にリセットを行いやすくすることができ、長期運用時のトラブルを最小限に抑えることが出来ます。

加えてこの類のシステムを運用する際は多くの場合地図は外部サイトのものを使用しますが、今回はその地図に関しても Open Street Map のサーバを自前で構築することで、オフライン上でも動作するようにしました。

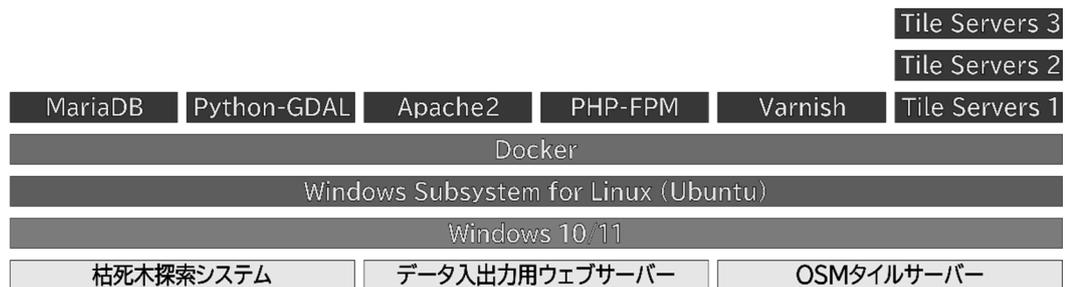


図 3 システム構成の概図

(2) 枯死木探索の手法

① 開発した解析手法の概要

今回実際に枯死木を探索するにあたって、設定した追加条件を満たすため図 4 解析の流れの流れで解析を行うプログラムを作成しました。

処理で最初に生成する NDVI は正規化植生指数とも呼ばれ、健全な植物が光合成を行う際に吸収するため太陽光の反射が少ない赤色光と強く反射される近赤外光の比を取ること

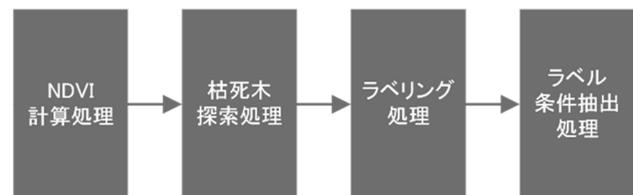


図 4 解析の流れ

で、その植物の活性度を得ることが出来ます [2]。しかし枯死木を探索する場合には活性度の低い場所を探すため、非植物も同様に検出されてしまいます。そこで枯死木が茶色に近づくことに着目し、緑や青の輝度が高い場所を省くことでこれら非植物を除去する式を構築し、探索処理として実装しました。加えて枯死木の大きさはその樹種の一般的な樹冠サイズから推定が可能なことから、検出結果の面積を計算し、その樹冠サイズから大きく外れた結果も除去するようにしました。

② 開発した解析手法の検証

図 3 システム構成の概図のシステムに図 4 解析の流れの処理を実装し、実際に動作を行い、その動作を検証しました。使用する画像は令和 1 年 9 月 14 日に撮影されたものを用いました。撮影に使用されたカメラは測量などで使用されるものであり、非常に高画質な 4 バンド航空写真を撮ることができます。解像度は概ね 0.2×0.2 m に調整されており、単木単位での調査が可能です。

3 検証の結果

(1) 解析結果

解析によって得られた結果を図 5 解析結果に示します。白色で表示されているものが図 4 解析の流れ中の枯死木探索処理で得られた結果、灰色の点が面積によって枯死木に近い大きさのもののみ抽出した結果になります。検出地物数は 599 と推定される枯死木に対して多い結果になりました。

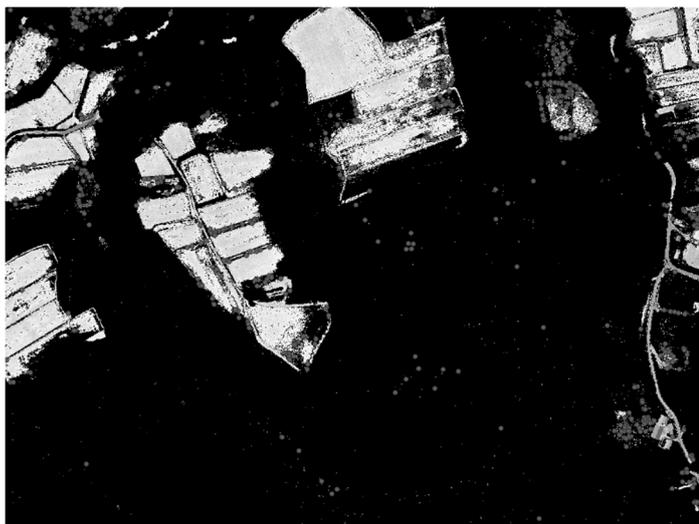


図 5 解析結果

次に目視による結果との一致を図 6 目視による結果との比較で確認します。線で囲まれた固有の記号番号が振られている部分が実際に目視探索によって枯死木と推定された場所になり、黒い点で表示されている部分が図 5 解析結果の結果と同じものになりますが、この検証対象の画像ではすべての対象木が検出出来ていました。また検証時三八地域の撮影エリアすべてに対して処理を行いました。処理速度に関しても全体を合わせて 3 時間程度と、目視による探索と比較して大幅な作業時間短縮が見込まれました。

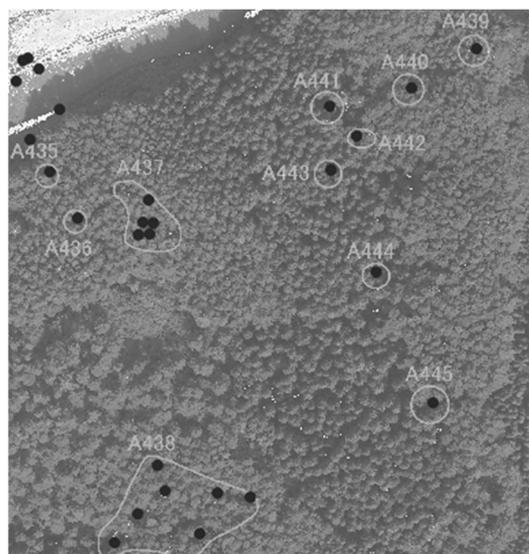


図 6 目視による結果との比較

(2) 現地調査

得られた結果のうち、森林内で推定された枯死木候補で且つ目視による探索で候補として挙げられていなかった場所の中からいくつかを選び、現地調査を行いました。その結果、目視での判断が難しい場所で実際に枯死木がみつかりました。

4 考察

(1) 誤検出等への対応

今回の解析では実際に枯死木が検出できていたものの、図 5 解析結果中の田畑の孤立ラベルや周辺の農道を中心に誤検出が見られました。また別の画像では図 7 誤検出例

(森林内の未舗装路)のように木々に隠れてところどころ見えている林道も検出されており、これらの誤検出の除去を行う必要があります。方法としては過去の結果と比較し重複している地点に関しては除去を行う手法や、土地利用土地被覆図を使用し特定エリアのみ検出を行う方法などが考えられます。但し図 7 誤検出例

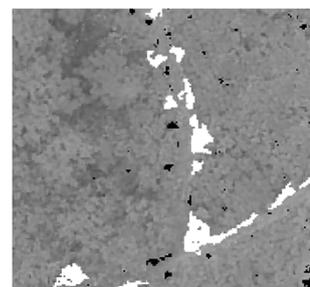


図 7 誤検出例
(森林内の未舗装路)

(森林内の未舗装路)のような林道が検出されている点に関しては自治体や組合が把握していない林道を探す方法として使える可能性があり、将来の林道整備への応用が期待できます。

(2) 他樹種への応用

今回解析を行っていく中で、閾値の調整を行うことでアカマツ以外の枯死木に関しても検出が行えることがわかりました。現在青森県では松枯れ以外にもナラ枯れが特に津軽地域において大きな被害を出しており、早急な対応が必要になっています。本手法でも実際に深浦地域で解析を行ったところ、ナラ枯れの検出が行えたことから、これら他樹種での病害に対する枯死木探索に応用が可能であることが示されました。なお、樹種判別を行うまでに現状至っていないため、特定の病害に対して現在のシステムをそのまま使うことはできない状況です。しかしながら、何らかの方法で樹種判別を行うことでより精度の高い病害対策補助システムへ成長させられる可能性もあることから、現場の需要（ニーズ）を加味しつつ更なる検討を行っていく必要があります。

(3) スマート林業への対応

本手法は解析手法の関係上、撮影高度や解像度を相対的に処理するため人工知能を用いた手法などに比べて撮影方法による依存性が低いことが予想されます。このことから本手法は、現在林業の省力化などの手法として注目されているスマート林業の一環としてのドローン活用にも応用が可能であるのではないかと考えられます。現状、今回の手法で利用する近赤外線も撮影出来るドローンはDJI社のものが中心で機種を選択肢が多いとは言えませんが、将来的に機体価格が下がり国内メーカーの参入がなされれば、より事業者単位での枯死木対策にも本手法の活用が期待できます。よって、将来的にこれらの機種を使った検証を行う必要があります。

5 おわりに

青森県東部から岩手県にかけて分布しているアカマツは「南部あかまつ」と呼ばれ、長い間ブランド力のある木材として親しまれてきました。特に、青森県から岩手県にかけて高樹齢のアカマツも多く残っており、貴重な森林資源としても地域の環境保全の観点としても守っていく必要があります。本研究は、まだ始まって日が浅く改善の余地も多く残されていますが、本研究やそれによって生まれる成果物、またそこで得られた知見や人々との繋がりがこの森林を守る助けになることを願ってやみません。

最後に、本研究に関して航空画像の提供をはじめ協力し続けてくれた青森県三八県民局地域農林水産部林業振興課の皆様や発表会を通して多くのアドバイスをいただきました地方独立行政法人青森県産業技術センター林業研究所の皆様、また研究を続けていく中でアドバイスやご指導していただきました多くの関係者の皆様には感謝の念にたえません。本当にありがとうございました。

6 参考文献

- [1] 矢野宗幹. 長崎県下松樹枯死原因調査. 山林公報第4号付録, 1913, p.1-14.
- [2] Rouse, John Wilson et al. "Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS." Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. 1974, Goddard Space Flight Center 3d ERTS-1 Symp., p.309-313.