

ドローンによる森林病害早期発見の試み

史 研究室

1661060 近森 雄太

1661063 唐 艶穎

1661071 野元 新馬

1.研究背景と目的

日本の国土の約 70%は森林に覆われている。安全で快適な生活を送るためには地滑り災害を防止する国土保全機能をはじめ、干ばつや洪水を軽減するとともに高品質な水を育成する水源耕種機能や生物多様性保全機能などが必要である。また、地球温暖化防止の観点では炭素の固定・貯蔵による地球温暖化防止機能が重要な役割を果たしている。これらを維持していくために、森林病虫害による被害を減らすことは重要な課題の一つである。現在、国内外の森林病虫害モニタリング技術の多くは人工衛星を利用している。しかし、人工衛星は時間解像度や空間解像度、スペクトル解像度、天候などの要素の影響を受けるため、森林病虫害が発生する前後の画像データをリアルタイム、定点で取得することは難しい。一方、小型無人航空機(以下ドローンという)によるリモートセンシング技術は低コスト、低損失、リスクが少ないなどの利点がある。また、ドローンの性能は近年大幅に進歩しており、専門的な訓練を受けていない者でも安全に飛ばすことが可能になっている。本研究では、以上のことを踏まえ、ドローン及び画像解析技術を用いた森林病害の早期発見の可能性と有効性について検証を行う。

2. 森林病害について

2.1 マツ枯れ・ナラ枯れとは

マツノザイセンチュウという小型の線虫が松の体内に入ると、松の生体反応から水を吸い上げる働きが阻害される。マツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリにより運ばれ松の中で増殖し、水を吸い上げる管を圧迫することで松を弱らせ枯死に至らしめる(図 1)。同様にナラ枯れもカシノナガキクイムシという虫が関与する伝染病である。どちらも枯死した樹木は赤茶色や青みのかかった灰色に変色することが共通点としてあげられ、色情報による識別が可能のため、本研究の対象とする。

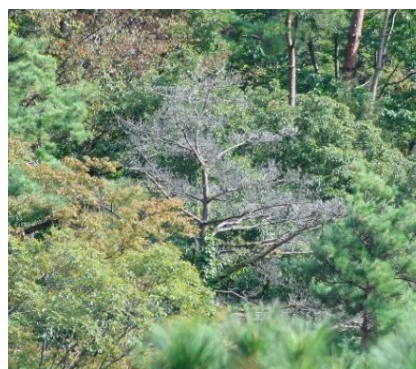


図 1 マツ枯れ

2.2 異常のある樹木の判別

森林病虫害は、前述のように主に害虫による被害で広がるものである。防除方法は薬剤散布や伐採駆除、樹幹注入など様々だがそのどれもが春から夏にかけて異常のある樹木の判別を行い対象樹木の処理を行う。そのためドローンを用いた画像で素早く判別する場合、紅葉などのない春から夏にかけての時期が最適といえる。

本研究では紅葉などのない春から夏にかけて森林の撮影を行い、異常のある樹木を判別することを試みた。

3.研究内容

3.1 研究の流れ

本研究では撮影した画像を複数の段階に分けて処理を行い、被害木の抽出を試みる。大まかな流れは撮影した画像に図 2 のような 6 段階の処理を行う。



図 2 研究の流れ

3.2 研究対象地域の選定

本研究では、松枯れ（一部ナラ枯れ）の早期発見を中心に研究を行う。異常のある樹木の早期発見手法を検討するにあたり、マツ枯れが発生する可能性が高くドローンを飛ばすことが出来る地域を選定した。マツ枯れが発生しやすい条件は以下のとおりである(図 3)。

前年度被害が報告されている地域である。
森林地域で民有林に被害が多い。
標高 100m～350m の地点で傾斜がある地域に被害が多い。
光の入りやすい森林ギャップや林道がある。
大径木を多く残す公園型整備に被害が多い。

図 3 森林病虫害の発生条件

東京近辺においてこれらの条件に当てはまる地域を探した結果、山梨県甲府市の国有林にマツ枯れが多くみられる地域を発見した。山梨森林管理事務所の協力のもと許可をいただいた上で調査を行う。

3.3 解析手法および結果

3.3.1 画像撮影(STEP1)

選定した対象地においてドローンによる撮影を行った。撮影には DJI 社のドローンである PHANTOM3 ADVANCE を使用した。主な仕様は図 4 のとおりである。

重量	1280g
対角寸法	350mm
最大上昇速度	5m/s
最大下降速度	3m/s
最大速度	16m/s
限界高度(海拔)	6000m
最大飛行時間	約 23 分
動作環境温度	0~40℃

図 4 ドローンの主な仕様

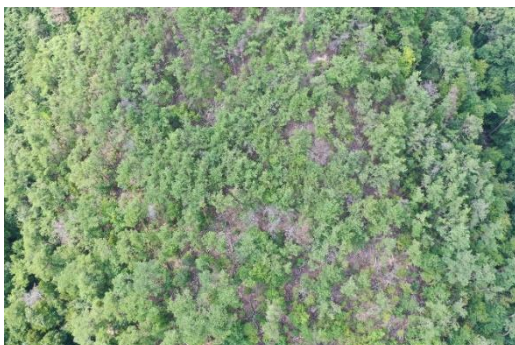


図 5 被害木が並ぶ森林

図 5 に示しているのは撮影した画像の一例であり、被害木が多くみられる。

3.3.2 RGB チャンネル抽出(STEP2)

撮影した画像に RGB の抽出処理を行う。健康的な樹木は葉が生い茂っており枝なども見えないため Green (以下 G という) の値が高くなる。一方で、被害木は葉が落ちている上赤茶色に変色しているため、Red(以下 R という)の値が高くなっている。この違いを利用するために、画像を RGB のチャンネルごとに分割した(図 6~8)。

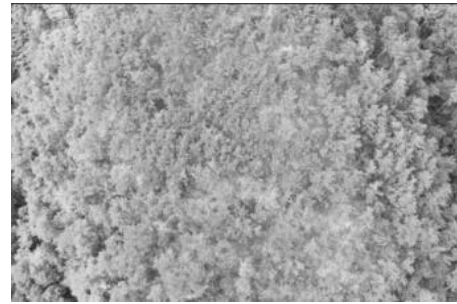


図 6 R チャンネル

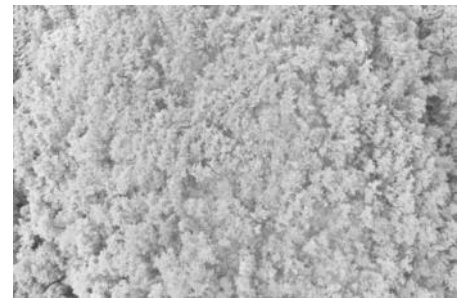


図 7 G チャンネル

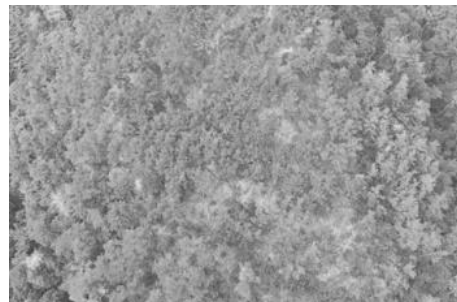


図 8 B チャンネル

3.3.3 色の強調(STEP3)

RGB チャンネルは数値で表現されているため、数値を変更することで任意に色の重みを変更することができる。変更を行うと画像内の色のバランスが変わるため特定の色を強調することも可能である。被害木は赤茶や青みがかかった灰色に変色していることが前述した調査で分かっているため、今回は RGB チャンネルのうち R チャンネルと B チャンネルの重みを非常に強くし G チャンネルの重みを軽くした。また、チャンネルの重みを変えることによって色合いの差が非常に強く表示されるようになる。処理後の画像を判別

しやすくするため、グレースケール画像に変換し、それを図9に示す。

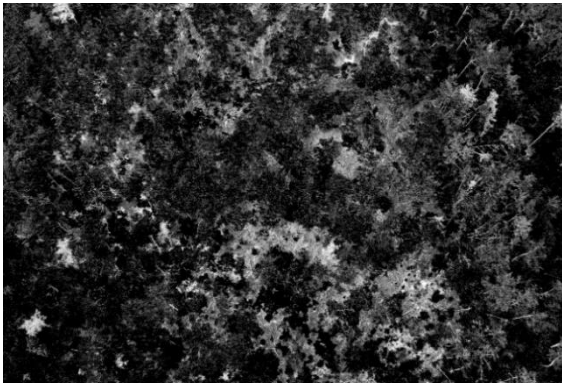


図9 図5の色の重みを調整した画像

遠距離から撮影した画像であるため、抽出される部位の境界線はあいまいなものとなっている。同様に近距離で撮影した画像で処理を行った場合、枝の細部が判別できるほど細かな抽出が可能となった(図10)。

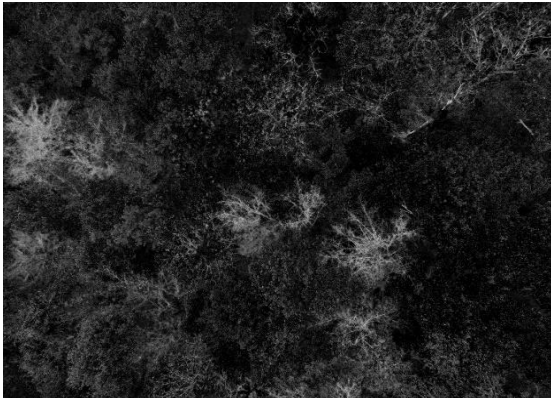


図10 近距離の場合

3.3.4 エッジ抽出(STEP4)

色情報を用いて健康な樹木と異常のある樹木を判別するための第2段階としてソーベルフィルタを用いた。エッジ抽出の処理を行うとデータ上の余計な情報が減少する。エッジの強い部分が白く表示され、エッジが弱い部分は灰色に表示された(図11)。

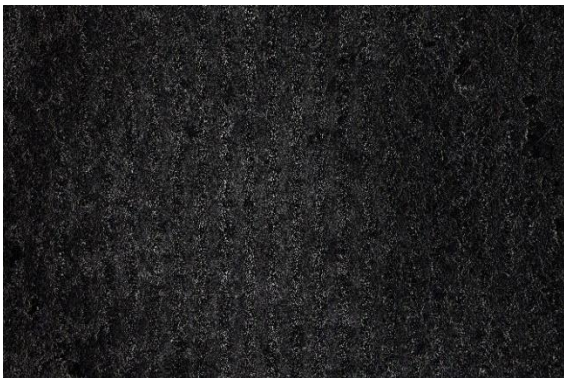


図11 エッジ処理後
森林地域において、健全な樹木は緑色であり画

像内で G チャンネルの値が高くなると考えられる。被害木は赤色に変色をするため、R の値が G の値を超えて目に見える色が変わる。そこで R の値より G の値を引いて X1 を計算する。

$$x_1 = R - G$$

この計算結果から色域の指定を行い、STEP6の処理に用いる。

3.3.5 画像の特徴認識(STEP5)

ドローンで撮影した画像には位置情報や高度情報が備わっている。この情報を利用して地面と被害木の判別を行うために、PhotoScan と呼ばれるソフトウェアを用いて DEM 画像を作成した(図12)。

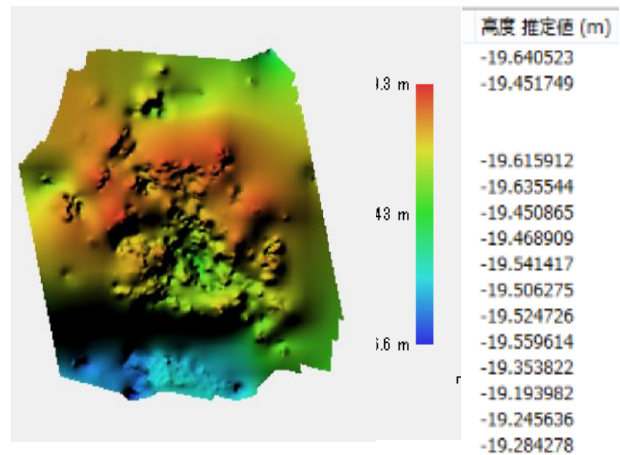


図12 作成した DEM 画像

右に表示されている高度推定値はドローンの高さの推定値である。ドローンの高さを基準とし、地面との距離を表しているのでマイナス表記になっている。このドローンの高さの差が0以下の地点は地面であるといえる。

3.3.6 二値化を用いたセグメント(STEP6)

STEP4 で抽出された色域を強調し、二値化で分けたものを図13に示す。

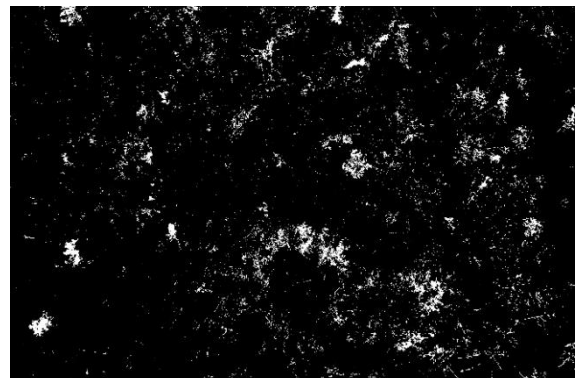


図13 二値化

白く見える部分が被害木であるが、最初の処理から無駄な情報が減っているため被害木の広

がり方が分かる。塊として認識できるため、より見やすくなったといえる。

3.4 処理後の活用

処理を行うと被害木の特徴をもった色である部分のみ抽出ができています。色合いを変化させることでさらに視覚的に被害の広がり方を感知することができる。図 13 で分けられた部分にのみ赤色を付けた画像を図 14 に示す。

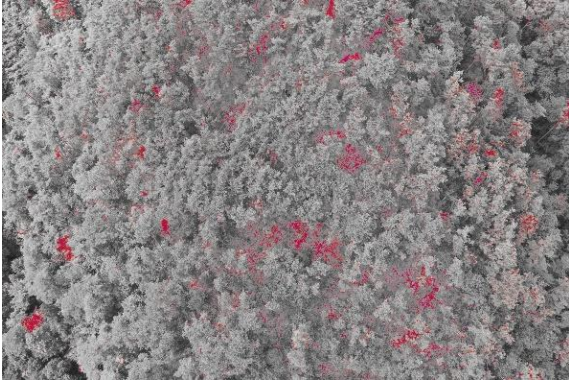


図 14 図 13 で抽出された部分に着色

元の画像の中でどのように被害地点が広がっているかが分かりやすくなっている。また、この処理内において撮影場所の地面と思われる場所を除外した抽出結果を図 16 に示す。



図 15 地面との判別をせずに処理を行ったもの

図 15 に比べてさらに無駄が少なく精度の高い抽出が行えている。



図 16 地面の判別をした上で処理を行ったもの

さらに、100m 程度の高度から行う調査は非常に大きな範囲での撮影が可能となり、精度は減少するが被害の広がり方の予測に活用することができる。当該高度から撮影した画像に処理を行ったものを図 17 に示す。



図 17 広い範囲での画像処理結果

病原虫は木々を渡り歩いて繁殖する。高い位置からの撮影では小さな病害を発見することは困難であるが、すでに病原虫に侵されている木々の抽出は可能である。そのため、病害の広がり方を視覚的にとらえることのできるこの処理は拡大方向の予測に活用が可能である。中央で広がっている病害が手前方向から徐々に広がっていくことが予想できる。

4. まとめ

本研究では、ドローン及び画像解析技術を用いた森林病害早期発見の可能性と有効性を検証するために実証実験を行った。この結果、ドローンで撮影した画像から被害木を抽出することが可能であることがわかった。航空写真の撮影による調査や専門家の立ち入り調査などでは実現できない低コスト化なども含め、ドローンを森林病虫害調査に使用する価値は十分にあるといえる。100m ほどの高度から行う撮影であれば被害の広がり方の予測にも応用できるため、森林病害の早期発見においてドローンは多面的な活用が期待できるといえる。

5. 参考文献

[1] 横山剛士(2016) 小型無人飛行機を用いたナラ枯れの早期発見技術に関する研究

[2] 林野庁 松くい虫被害

https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/matukui_R1.html