

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

A Study on development of a detection method for early finding Japanese oak wilt using UAV

横山 剛志
Yokoyama Takeshi

概要：本研究はナラ枯れを早期発見するための小型無人飛行機の活用方法について研究を行ったものである。はじめに東京近辺にナラが生育している森として静岡県松崎町にある牛原山町民の森と呼ばれる自然公園を研究対象地域として文献調査や現地調査などにより選定した。次に、ナラ枯れ被害木を発見し、その被害木を小型無人飛行機にて空撮し、被害木と健全木の画像に写る RGB 値の違いを算出し、葉の形状の輪郭も抽出し、ナラ枯れもしくはナラ枯れになる恐れのあるナラ被害木の発見する方法を開発した。さらに、画像よりオルソモザイク画像を作成し、その位置情報の推定も行った。

Summary: Japanese oak wilt damage has increased recently. It is necessary to detect it early. As a useful remote sensing technology, UAV (unmanned aerial vehicle) have been widely used in many different domains. In this study, we aim to develop a detection method that can find the damaged trees of Japanese oak wilt using UAV. Firstly, we selected Shizuoka as the study area that have trees with Japanese oak wilt. Secondly, I took aerial images of forest with UAV. Thirdly, we tried to find the Japanese oak wilt form RGB analysis and leaves shape analysis. Finally, we generated Ortho-image and estimated the position of Japanese oak wilt.

キーワード: ナラ枯れ、小型無人飛行機、RGB 値、形状解析、オルソモザイク画像
Keywords: Japanese oak wilt, UAV, RGB analysis, Shape analysis, Ortho-image

1. 研究背景と目的

日本の森林の面積は国土面積の3分の2もあり、世界有数の森林大国である。森林には、水源の涵養、地球温暖化の防止、生物多様性の保全、木材等の林産物供給などの多面的な機能を有しており、森林の管理・維持は国土の保全において重要である。多面的な機能を維持するためにナラ枯れや松枯れなどの病害の発見・対策は特に注目されており、調査が進められている。森林の病害発見は簡単に判別することが出来ない上に長期的に点検を行っていく必要がある。しかし、林業従事者が減少している中、広大な森林すべてを調査し病害の監視を行うのは人間の目だけでは足りなく、人口衛星や航空機などを用いたリモートセンシング技術が注目されている。近年、リモートセンシング技術の中でも、小型無人飛行機の普及が進み、災害地の調査や公共測量などさまざまな分野において利用されている。小型無人飛行機の性能向上により、飛行操作の敷居は低下しており、定期的な活用や操縦者がプロでなくても使えるようになってきた。為、今後の森林調査・管理においても活用が期待されている。一方、森林の病害であるナラ枯れ被害が増加している。ナラ枯れの調査方法においてリモートセンシング技術である航空写真や衛星画像の活用が研究されているが被害把握には至っていない。そこで、本研究では注目されている小型無人飛行機を用い、ナラ枯れの早期発見に向け、研究を行う。

2. 研究内容

2.1 研究地域選定

早期発見手法を検討するにあたり、ナラ枯れが発生する可能性が高く、小型無人飛行機を飛ばすことが出来る地域を選定した。まず、ナラ枯れが発生しやすい条件を既往知見から表1とした。

表1 ナラ枯れ被害が発生しやすい条件

| |
|---------------------------------|
| 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。 |

東京近辺においてナラ枯れ被害が報告されている地域は静岡県である。特に、静岡県内でも賀茂郡で多く発生している為、この地域を対象とする。この地域内において標高 100m~350m にある民有林を図1に表示した。

この範囲の中で、自然公園として開放されており、木々が大径化する可能性のある地点を探した。次に、小型無人飛行機の飛行に許可が必要となる空域について表2に表示する。

静岡県賀茂郡地域において、空港はなく人口集中地域に指定されている地区はなかった。その為、基本的な飛

行ルールに基づいて飛ばせば撮影を行うことができる。これらの条件から静岡県賀茂郡松崎町にある牛原山町民の森を研究対象地域として決定した。

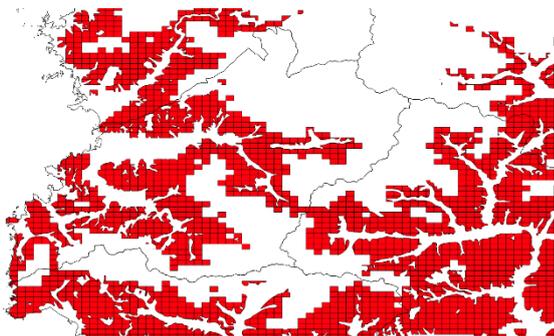


図1 標高 100m~350m の私有林

表2 飛行許可が必要となる空域

| |
|-------------------|
| 空港等の周囲の周辺 |
| 地表面 150m 以上の高さの空域 |
| 人口集中地区の上空 |

2.2 ナラ枯れ判断基準

2.2.1 ナラ枯れとは

ナラ枯れとは、カシノナガキクイムシ(以下カシナガ)の穿入を受けた樹木が、カシナガの形成層破壊による栄養分の流動阻害、およびカシナガにより運ばれたナラ菌の樹幹内繁殖により、幹内の樹液の通水阻害を原因として枯死に至る病害である。カシナガは6月頃に枯死木から飛び立ち、他の木に侵入し7~9月の間に木を枯らす。その為、早期発見を行うのは7~9月に撮影を行うのが良い。

2.2.2 ナラ枯れの特徴

通常、現地調査などでナラ枯れの被害木を発見する場合、①7~9月に葉が茶色く枯れているかどうか、②カシナガの穿孔があるか③フラス(木くず)が発生しているかを確認して判断する。以下の図2~4は参考画像である。また、先行研究にてナラ枯れは黄葉と枯死するプロセスの違いから葉の形状に違いが出ることがわかっている。よってこれらの特徴から、ナラ枯れは画像から判読できるのではないかと考える。今回、ナラ枯れの早期発見の方法として、①葉の色②葉の形③穿孔やフラスの発見の3点を小型無人飛行機にて発見する方法を提案し検証する。



図2 変色葉



図3 フラス



図4 穿孔

2.3 ナラ枯れ判別手法

2.3.1 色の識別

ナラ枯れの被害発見について遠距離から調査する場合、7~9月の黄葉時期前に色が赤茶に変色していることを目印にナラ枯れの被害としている。そこで、7~9月の時期に小型無人飛行機にて空撮した画像のRGB値を計算し変色を見つけ、ナラ枯れの被害とする。RGB値による計算式として式1と式2とする。

$$X_1 = \text{Red} - \text{Green} \quad \text{式1}$$

$$X_2 = (\text{Red} - \text{Blue}) - (\text{Green} - \text{Blue}) \quad \text{式2}$$

森林地帯において、最も多く写るものは木の緑であり、Greenの値が高くなる。の中で変色した場合、Redの値がGreenの値を超えて色が変わる。そこでRedよりGreenの値が高い地点を式1として計算する。また、式2はBlueの値も考慮し、白く光ってしまった地点を取り除ける。この式にしきい値を設けてナラ枯れを分類する。

2.3.2 葉の形状解析

ナラ枯れにより枯れた葉は、通常の黄葉によって枯れた葉と比較して、図5に示すように濃い褐色で丸く萎縮した形状となることを確認されている[1]。



図5 ナラ枯れ被害で枯死した木の葉

これは、通常の黄葉、落葉のプロセスでは、低温や日照射量の低下などの要因により、図6に示すように枯れ葉の形状が保存されるが、ナラ枯れでは夏場の強い日光、高い気温が枯れを加速するためであると推測される。



図6 黄葉によって枯れた葉

ナラ枯れによって被害を受けた場合、葉の形状に影響が出るため、小型無人飛行機から撮影される空中写真に

もその特徴が出る。そこで、空撮画像に輪郭抽出を行い、葉の形状が崩れているものをナラ枯れと判別する。

2.3.3 穿孔やフラスの発見

カシナガのフラスの特徴として初期の穿入時には繊維状のフラスが見られ、中期の繁殖準備期は団粒状のフラス、後期の繁殖後には粉末状のフラスが発生することが確認されている。このようなフラスの特徴は、カシナガの繁殖生態に関連していることが指摘されており、特に粉末状のフラスが多量に発生している木は枯死することが多く確認されている[4]。

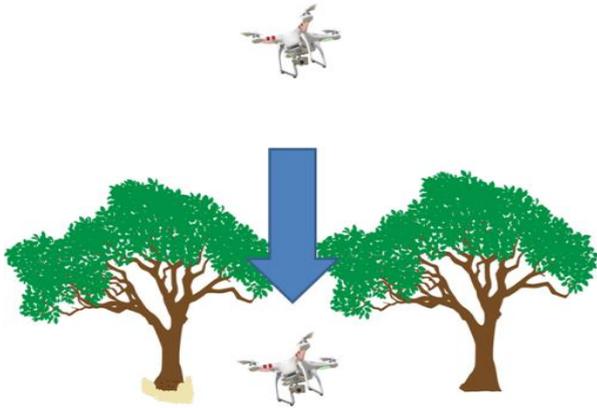


図7 穿孔およびフラス発見イメージ

図7のように木々の間に小型無人飛行機を下ろすことが出来れば、イメージのようにフラスを発見することは可能である。また、ナラ枯れが発生しやすい条件において、森林ギャップや林道の近くに被害木は発生しやすいと考えられていることから小型無人飛行機で撮影が可能である。

3 実証実験

2016年8月13日、12月20日、12月24日に静岡県賀茂郡松崎町の牛原山町民の森にてナラ枯れ被害木の調査・撮影を行った。使用した小型無人飛行機はDJI社のPhantom3 Advancedであった。撮影された画像、図8から手法を用いてナラ枯れを検出する。



図8 空撮画像

3.1 色の識別結果

フリーソフトのImageJを用いて色情報を用いた領域分割を行った。図8の画像を式1にてRGB値計算した。式1の場合、撮影された地面まで検出し、ナラ枯れの被害範囲を多く見積もってしまっていた。

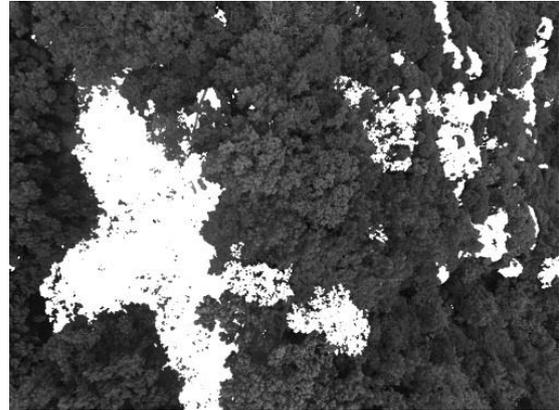


図9 式1の分割結果

式2の場合、図9と比べ図10は地面の範囲が減り、ナラ枯れの被害を受けている点を比較的細かくプロットすることが出来た。

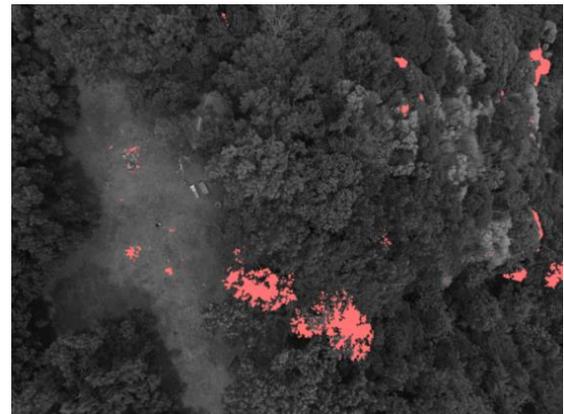


図10 式2の分割結果

3.2 葉の形状解析結果

植物の葉は太陽光を浴びる為に重ならないように開くため、葉の形やつき方を小型無人飛行機にて撮影できた。ナラ枯れの被害木と健全木の葉の形を比べて、健全木は上空30mからの撮影で葉の互生に付いていることが見られ扇状に広がっていることが確認できた。葉縁までは観測出来ないが葉の形を捉えることが出来る。一方、ナラ枯れ被害木の場合、葉の互生の配置は見られず、円形に固まっているような形となっている。葉の形もきれいに映っているものは少ない。上空30mからの撮影では葉の形状まで捉えることは出来ず、フリーソフト内の手法では分類出来なかった。撮影する木の本数を減らし、より近距離で撮影する必要がある。



図 11 ナラ枯れの被害木の葉の付き方



図 12 被害木の輪郭抽出結果

3.3 穿孔フラスの調査結果



図 13 林内撮影結果

夏季の林内撮影は人との遭遇や障害物などがあまりにも多い為、12月に林内の散策を通して、小型無人飛行機にてフラスや穿孔が取れるか検討した。公園型の森林整備であれば小型無人飛行機が木々の間をぶつかることなく飛行できた。図 12 からわかるように木の根元をチェックすることが出来たため、フラスを発見できる。また、動画撮影を行えば、飛行した経路を位置情報として収集するので、発見した位置も特定できる。

3.4 オルソモザイク画像作成と位置特定

ナラ枯れの位置を特定するため、小型無人飛行機にて撮影された画像に付随している位置情報を使い、推定を行う。今回、位置精度の検証を 12 月に撮影された画像 41

枚より Pix4dmapper を用いて位置情報を持つ画像よりオルソモザイク画像を作成し、その位置のずれを検証した。作成された画像を Google earth にて表示した (図 13 を参照)。牛原山町民の森ある小屋を目印として、Google earth の小屋の位置(小屋 GE)とオルソモザイク画像の小屋(小屋 OM)との距離を計測した小屋 OM は小屋 GE から約 20m 南西にずれていた。小屋の大きさは Google earth とオルソモザイク画像とあまり変わらなかった。ナラ枯れ被害木の位置特定の場合、20m 程度のずれであれば、現地調査をする場合でも問題なく見つけられる。また、被害現状を画像で地図上に提示できることは今後の調査や被害状況の把握に役に立てる。

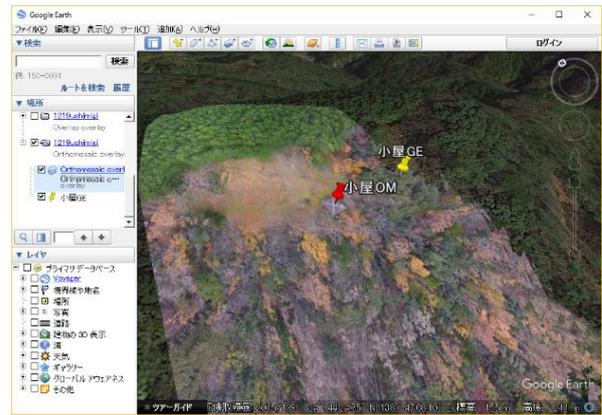


図 14 Google earth とオルソモザイク画像の合成

4.まとめ

本研究では、小型無人飛行機を用いて、森林の病害であるナラ枯れの早期発見について以下の 3 つの手法を提案し、実証実験により検証を行った。①RGB 値から色による分類をする手法；②葉の形状から分類をする手法；③森林内を飛行しフラスを見つける方法。対象地域で検証した結果、クヌギ 2 本とコナラ 2 本の計 4 本の被害木を発見することができた。また、小型無人飛行機を下せる地点で、カシナガの穿孔のみ受けている木のクヌギ 6 本を見つけた。小型無人飛行機を用いたナラ枯れの早期発見の有効性を確認できた。今後、松枯れやほかの樹木の調査・管理への適応が期待される。

参考文献

1. 宇都宮昭ほか(2010) 可視/近赤外ハイパースペクトルデータに基づくナラ枯れ指標 NWI に関する研究、写真測量とリモートセンシング、Vol.49、No.5
2. 木下篤彦ほか(2012)ナラ枯れ被害を早期に発見するためのリモートセンシング技術活用の研究、平成 24 年度砂防学会研究発表会概要集
3. 加藤徹(2014)静岡県におけるカシノナガキクイムシの分布拡大、静岡県農林技術研究所研究報告. 森林・林業編
4. 池田欣子(2014) 六甲山地におけるナラ枯れ被害の実態と特徴について 平成 26 年度砂防学会研究発表会概要集