

# 松くい虫被害調査における従来踏査とドローン調査の比較

米代西部森林管理署 森林官補（能代森林事務所）○野村祐紀  
秋田県山本地域振興局農林部森づくり推進課 主査 佐藤 衛

## 1. はじめに

風の松原は能代の市街地を飛砂や塩害から防ぐために江戸時代からクロマツが植栽されてきて形成されており、今では延長 14km、面積 760ha（国有林 342ha、民有林 418ha）の大きさである。海岸防災林としての役割のみならず、マレットゴルフ会場や散歩道に活用され憩いの場としても市民に愛されている。

松くい虫被害は我が国最大の森林病虫害であるが、平成 11 年に初めて松くい虫被害が風の松原で確認された。風の松原の松くい虫被害対策としては平成 14 年より調査、特別伐倒駆除、薬剤樹幹注入、平成 15 年より薬剤地上散布が開始された。風の松原の松くい虫の被害量は平成 14 年の 2,708m<sup>3</sup>がピークで、その後 200~400m<sup>3</sup>の間を推移していたが、最近徐々に増え始め平成 28 年では 1,274m<sup>3</sup>となっている。

被害に対応するためにまず行うことは被害把握である。当署では全森林事務所職員約 20 名で踏査により被害木を把握する方法がとられてきた。しかし、踏査では見落としが生じてしまったり曇天により暗い場合や逆光によりまぶしい場合は間違いが生じたりしている。さらに大人数での踏査となるので、その隊列調整に統率力・労力を要するため経験者でないと難しい。

そこで、空中から見た情報により被害木を把握できるドローン(UAV: Unmanned Aerial Vehicle)が期待されている。ドローンを用いれば空撮でき、SfM (Structure from Motion)で処理するとオルソフォトを得ることができる。鹿児島県でもドローンの空撮画像から得たオルソフォトによるマツ枯れ被害木の把握の精度を検証しており、オルソフォトから得られた位置座標と地上調査で得られた位置座標との誤差が 1~3.5m 程度であることもわかっている(福永ら 2017)。秋田県庁においてもドローンによる松くい虫被害把握を試験的に行っており、オルソフォトから被害木の位置を特定している(未発表)。しかし、ドローンを用いた調査が従来行われている踏査と比べて被害把握の精度や労力を定量的に調べた研究はない。本研究の目的はドローンによる調査が従来行われてきた踏査に比べて精度と労力の観点からどの程度有用であるか考察することである。

## 2. 材料と方法

### (1) 調査地

日本海に面した海岸防災林である秋田県能代市大字能代町後谷地国有林外 154、155 林班(人工林面積 220.0ha:、天然林面積 69.9ha:、年平均気温:11.9℃(気象庁 2016)、年間降水量:1240mm(気象庁 2016)、海拔 0~25m)の A プロット(人工林、面積:3.79ha、林齢:87 年生)と B プロット(天然林、面積:5.80ha、林齢 169 年生)において行った。どちらも主要樹種はクロマツであり、天然林の方は広葉樹が侵入し

ている。これらのプロットは歩道によって区切られている。最近十年の被害量は  $0.78\sim 4.27\text{m}^3/\text{ha}$ (2007~2016年)であった。

## (2) 踏査

11日間、17~24人/日で154、155林班289.9haを三人一組の七班体制でローラー作戦により踏査し変色木、枯損木にテープをまいて野帳に直径と樹高を記録した(9月27日~10月25日)。Aプロットは10月18日に、Bプロットは10月25日に踏査し、かかった人数、時間を記録した。

## (3) ドローン調査

秋田県山本地域振興局の Phantom 3 (DJI, 中国)を用いて、空撮アプリ altizure (Everest Innovation Technology Limited, 香港)で撮影高度100m、オーバーラップ率80%、最高速度6m/s、撮影間隔2秒で設定し自動航行で空撮した(11月2日にAプロット:写真99枚、11月9日にBプロット:写真109枚)。なお空撮時にオペレーター以外に補助員を1人、調査区域に人が入らないように2人配置した。SfMソフトウェアである PhotoScan (Agisoft, ロシア)を用いて Align Photos, Build Dense Cloud, Build Mesh の3つの工程を経てオルソフォトを作成した(地上水平解像度は約1.6cm)。今回の処理では Quality は順に Medium, Medium, Low に設定した。解析に使用したPCのスペックはCPUが1.8GHzデュアルコア Core i5であり、メモリは8GBである。出来上がったオルソフォトをもとに松くい虫被害木と思われる変色木、枯損木に見当をつけ、現地踏査を2人で行いテープをまいて野帳に直径と樹高を記録した(11月8日にAプロット、11月13日にBプロット)。

## (4) 比較

踏査とドローン調査を踏まえ、どこに対象木があるか最後に踏査し確認した。労力は作業準備時間や休憩時間はいれず、作業にかかった人数×時間を合計して比較した。

## 3. 結果

### (1) 精度

対象木をオルソフォトに記載すると図-1, 2のとおりで、本数は表-1のとおりである。Aプロットでは踏査で11本、ドローン調査で2本、Bプロットでは踏査で19本、ドローン調査で8本だった。内容はAプロットの踏査では枯損木が9本でありそのうち樹冠にでているものは2本でありドローン調査でも確認された。枯損木の残りの7本は樹冠にでていなかったためドローン調査では確認できなかった。踏査で確認されたものの中で健全木が誤って記録されたものも2本あった。

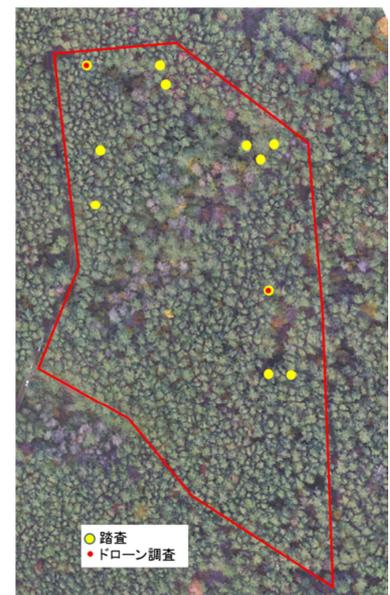


図-1 Aプロット対象木所在

Bプロットでは踏査で変色木が5本確認されそのうち4本はドローン調査でも確認された。踏査では枯損木が13本であり、そのうち樹冠にでているものは4本でありドローン調査でも確認された。変色がわかりづらかった1本と樹冠にでいなかった枯損木の残りの9本はドローン調査では確認できなかった。踏査で健全木を誤って記載していた。

表-1 プロット内に存在した対象木

層	態様	Aプロット		Bプロット	
		踏査	ドローン	踏査	ドローン
下	落葉	7		9	
上	落葉	2	2	4	4
上	変色			5	4
計		9	2	18	8

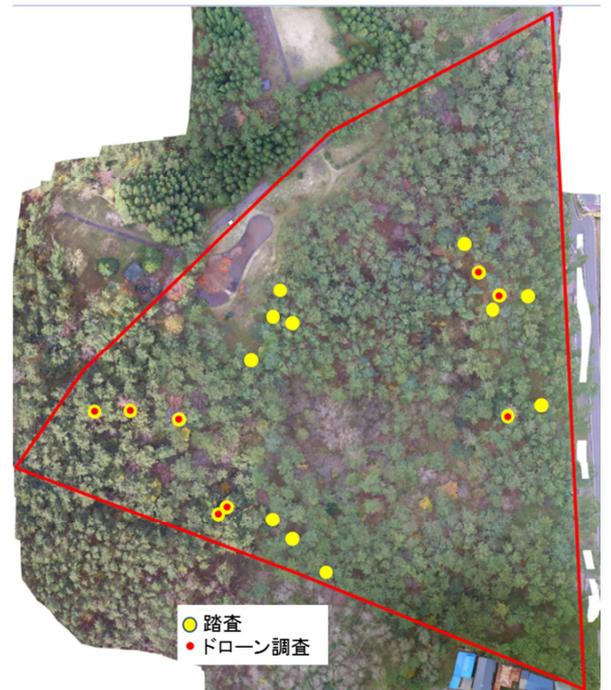


図-2 Bプロット対象木所在

## (2) 労力

従来踏査とドローン調査にかかった労力は表-2、3にそれぞれ示した。人・時間で比べると従来踏査よりドローン調査の方がAプロットで28.0%に、Bプロットで22.6%に削減することができた。ドローン調査で最も労力がかかるのは画像作成であるが、実際に作業する時間は少ないので、この結果に表れている数字以上に調査の省力化ができていくことが期待される。

表-2 従来踏査にかかった労力

従来踏査	踏査		
	人数	分	人・時間
Aプロット	17	30	8.5
Bプロット	19	40	12.7

表-3 ドローン調査にかかった労力

ドローン	空撮			画像作成			踏査			合計
	人数	分	人・時間	人数	分	人・時間	人数	分	人・時間	人・時間
Aプロット	4	6	0.40	1	89	1.48	2	15	0.50	2.38
Bプロット	4	13	0.87	1	92	1.53	2	14	0.47	2.87

## 4, 考察

### (1) 精度

ドローン調査の利点としては、全体を把握できて対象木がどこにあるのかを絞り込める点である。それによりローリング作戦で生じる無駄歩きを省くことができる。また、調査の過程で得られた成果物を用いると、松くい虫被害木処理の請負業者にどこに被害木があるのかを示しやすくなる。

ドローン調査の最大の欠点としては、樹冠にでていないものは空中から把握することが可能であるが、樹冠に出ていないものは把握できないということであり、この欠点は航空写真を用いた被害木調査でも同様に挙げられていた（森林総研 2010）。本調査のドローンの空撮画像からの被害木の把握率は A プロットで 22.2%、B プロットで 44.4%となり、ドローン調査で見逃した木のほとんどは下層木であり、下層木を見逃すリスクがあった。下層木が枯れているのをドローンの空撮画像から物理的に見えたとしても生きている木の枯れ枝と見分けることは困難であると思われるため、ドローン調査のみでは下層木を発見するのは諦めざるをえない。下層木を探す必要があれば併せて行う踏査で下層の被害木も探す必要がある。

今回空撮したときはすでに広葉樹が紅葉・落葉しはじめていたので、クロマツの変色木や枯損木との区別が難しかった。秋田で行われた研究でマツノマダラカミキリは7～10月にかけて変色した木に産卵する結果があり（星崎ら 2013）、今回の調査時期は松くい虫被害調査としては適しているので、広葉樹の紅葉・落葉の時期は避けられない。本調査では空中写真の判別能力が高い者が判別したわけではなかったが、クロマツと広葉樹では明らかに樹形が異なるので、判別になれた者が判別すれば広葉樹との区別はできると思われる。そこで、マツ材線虫病・空中写真判読の講習を受けることによって判読率が改善した例があるので（太田ら 2009）、実際にドローン調査を行う場合は判別者にはマツ材線虫病・空中写真判読の講習を受けさせた方がよい。そうすれば、誤って広葉樹を選ぶ可能性が減り、クロマツの変色木や落葉木を見落とす可能性が減ることが期待できる。

樹冠に出ている対象木の中でも被害の初期である場合は葉の色がそこまで顕著ではなく見過ごす可能性も指摘されており（松浦ら 2010）、今回の調査でも地上の踏査では被害木を見つけることができたが、ドローン調査で見落としした木も存在したので（表-1、図-3）、見落とすリスクを減らすには複数人で確認する必要がある。左側の変色木は黄緑色になり確認できるが、右側の葉が色あせ始めている木は葉の量が少なくなっており弱っているのがよく見るとわかるが色が緑であるため見逃してしまっていた。



図-3 変色木が写ったオルソフォト (B プロット)

## (2) 労力

今回の調査では従来の踏査からドローン調査にすれば、人工林（A プロット）で 28.0%に天然林（B プロット）で 22.6%に削減することができた。人工林：天然林割合をもとに削減率をかけあわせると、ドローン調査を導入すれば全体で 26.7%に削減できると計算される。154、155 林班では 289.9ha に対して 760.8 人・時間かかっているため、これをもとに計算すると 557.7 人・時間削減することが可能となり、203.1 人・時間に削減することができると推定される。ただし、ドローン調査のみでは下層は見えないため、下層木を探すための調査が必要と判断される場合はその調査にかかる分は削減できないことも考慮する必要がある。

従来踏査法では大人数でのローリング作戦で隈無く踏査して探していたので、隊列調整に労力をさく必要がある点が課題であったが、ドローン調査ではオペレーターと補助員だけが調査概要を把握していればよく調整する労力が少なくて済む。本調査では定量化していないが、この観点からの省力化も大きいと考えている。

## 5. まとめ

ドローン調査では全体を把握でき、あたりをつけて調査することができれば、上層の被害木を探す場合は労力を大幅に削減できることがわかった。ただし、ドローンからの空撮画像のみでは下層の被害木は把握できないことが課題としてわかった。本調査で、ドローンが松くい虫被害木調査に使えるかもしれないという漠然とした状態から、大幅に省力化ができるという利点や下層の被害木は把握できないという課題がわかった。この情報をもとにこれから実際に現場にどのようにドローン調査を取り入れていくのかを議論する必要があると考えている。

## 6. 引用文献

- 秋田県 「平成 28 年度 ドローンを活用した森林病虫害被害調査業務 調査報告書」
- 太田和誠、星崎和彦、板垣恒夫、中村克典、田代隼人、井上みずき、蒔田明史、中北理「空中写真によるマツ材線虫病被害木判読の汎用性」第 120 回日本森林学会大会
- 「最新の航空写真技術を活かした松くい虫被害ピンポイント防除マニュアル～高精度な被害木発見から完全駆除まで～」 <https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/project/documents/matsukuimushi-manual.pdf>
- 福永寛之、加治佐剛、寺岡行雄「UAV を用いた海岸マツ林のマツ枯れ被害木の把握」九州森林研究 No. 70 2017.3
- 星崎和彦、太田和誠「マツ材線虫病北限付近における枯死木発生の季節的傾向一伐倒駆除の優先順位を統計的に導く一」 森林防疫 Vol. 62 No. 3 (No. 696) 2013.5
- 松浦邦昭、中北理、小林一三、星崎和彦、太田和誠、田代隼人「マツノザイセンチュウ接種木樹冠の地上調査及び空中写真による追跡」 日林誌(2010) 92: 72-78