

松くい虫被害木調査におけるドローン調査と踏査の比較

東北森林管理局 米代西部森林管理署 野村祐紀
平川春樹

1 課題を取り上げた背景

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の植栽がされ、現在では日本五大松原にも数えられている「風の松原」を当署は管理しています。しかし、平成 11 年に初めて松くい虫被害が確認され、平成 14 年より被害量の調査・特別伐倒駆除・薬剤樹幹注入、平成 15 年より薬剤の地上散布を行っていますが、毎年被害が発生しております（図 1）。松くい虫被害状況の把握のため、毎年森林事務所職員総出で隊列を組んで踏査を実施しています。踏査の課題は、①約 20 名で一ヶ月を費やす労力がかかること、②大人数での踏査なので隊列調整は統率力を要すること、③暗いときや逆光でまぶしいときは間違いが多いことです（図 2、3）。

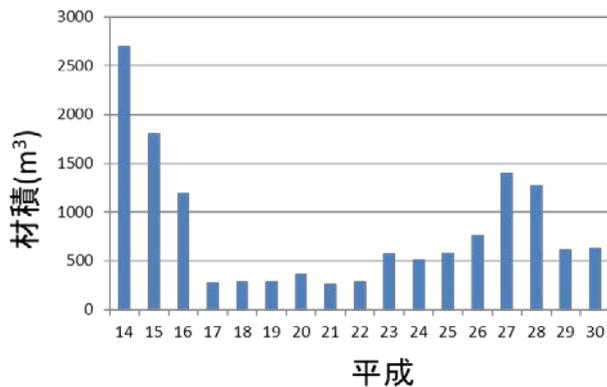


図 1、被害量の推移



図 2、逆光で被害木を見た場合
(丸で囲まれているのが被害木)

一方、近年ではドローンの空撮画像を用いることにより松くい虫の被害木確認に役立てることが期待されており、位置精度の検証や被害木の空撮が国内でもなされております。しかし、ドローンを用いた調査と踏査を比較し、松くい虫の被害把握の精度や労力を定量的に調べた報告はありません。そこで、本研究では、これらの観点から検証・考察することを目的としました（図 4）。



図 3、踏査の様子



図 4、ドローン調査の様子

2 取組の経過

調査地は「風の松原」の秋田県能代市^{うしろやち}後谷地国有林 155 林班です。平成 29 年度は A プロット（広葉樹の侵入が顕著でないクロマツ・齊林、林齢 87 年、面積 3.79ha）、B プロット（広葉樹の侵入が顕著なクロマツ・広葉樹混交林、林齢 169 年、面積 5.80ha）を設置し、平成 30 年度は C プロット（海側）（クロマツ・齊林、林齢 64 年、面積 12.90ha）、C プロット（陸側）（クロマツ・広葉樹混交林、林齢 170 年、面積 16.30ha）を設置しました（図 5）。踏査は平成 29 年度（A:10 月 18 日、B:10 月 25 日）、平成 30 年度（C（海）：9 月 26 日、C（陸）：9 月 25 日）同様に、2～3 人一組の 6～7 班編成でローラー作戦により被害木（変色木：葉が変色しているクロマツ、落葉木：落葉しているクロマツ）を探查しました。平成 29 年度のドローン調査は空撮をオーバーラップ率（空撮画像と次に撮影した画像が重なる率）80%で行い（A:11 月 2 日、B:11 月 9 日）、オルソ画像（立木を垂直に直下視した状態に補正した画像）を作成し、被害木の位置を予測した上で、現地調査しました（図 6、7、8）。被害木本数や要した労力（人×時間）を、ドローン調査と踏査で比較しました。平成 30 年度のドローン空撮は広域を調査するためにオーバーラップ率 50%で行い（C（海）：9 月 28 日、C（陸）：9 月 28 日）、被害木を予測しました（図 9、10）。現地調査は省略しました。被害木本数や労力を平成 29 年度と同様に比較しました。なお、いずれの空撮時もオペレーター以外に補助員 1 人、調査区域に調査関係者以外が入らないように監視員を 2 人配置しました。

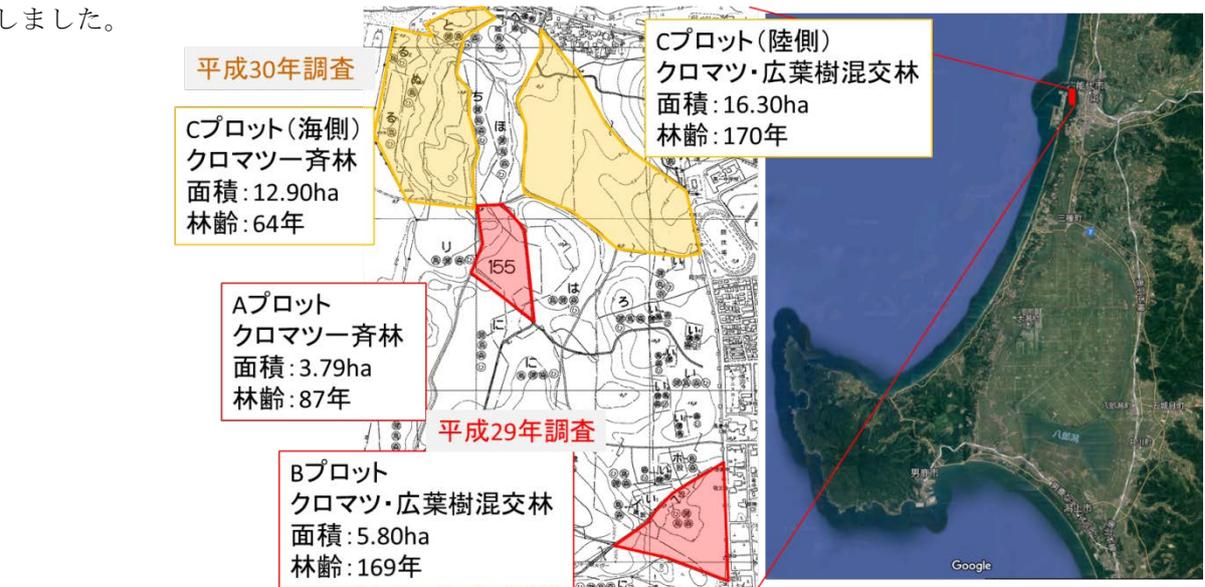


図 5、プロットの位置と概況

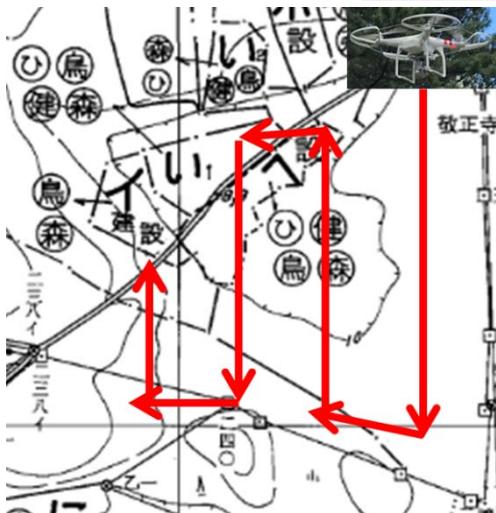


図 6、空撮の航路のイメージ



図 7、A プロットのオルソ画像
空撮画像 99 枚をつなぎあわせたもの



図 8、B プロットのオルソ画像
空撮画像 109 枚をつなぎあわせたもの



図 9、C プロット（陸側）の空撮画像
空撮画像 62 枚のうち一枚
丸の中に被害木



図 10、C プロット（海側）の空撮画像
空撮画像 91 枚のうち一枚
丸の中に被害木

3 結果

(1) 精度について

平成 29 年度と平成 30 年度に調査したどのプロットにおいても、ドローン調査より踏査の方が多くの被害木を発見出来ました。具体的に平成 29 年度の結果を見ていくと、A プロットの踏査では 11 本を被害木とカウントしましたが、実際には落葉木 9 本と健全な木 2 本を誤ってカウントしておりました。ドローン調査では落葉木のうち上層にある大きな径級の 2 本しかカウントできませんでした。B プロットの踏査では 19 本を被害木としてカウントしておりましたが、実際には落葉木 13 本と変色木 5 本、健全な木 1 本を誤ってカウントしておりました。ドローン調査では比較的大きな径級の上層の落葉木 4 本と変色木 4 本しかカウントできませんでした (表 1、図 11)。

表 1、踏査とドローン調査についての被害木の内訳比較 (A、B)

状態	層	Aプロット		Bプロット	
		踏査	ドローン調査	踏査	ドローン調査
落葉木	上層	2	2	4	4
落葉木	下層	7		9	
変色木	上層			5	4
健全木	上層	2		1	
合計		11	2	19	8

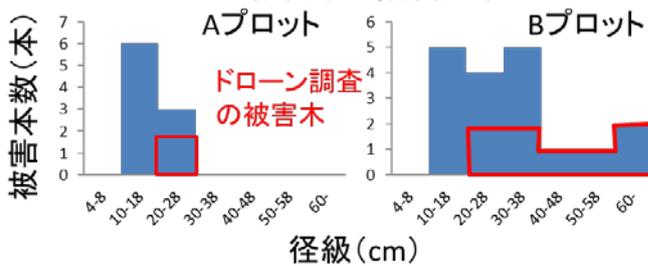


図 11、被害木の頻度分布 (A、B)

C プロット (海側) では踏査で 229 本、ドローン調査では 52 本がカウントされました。C プロット (陸側) では踏査で 31 本、ドローン調査では 24 本がカウントされました (表 2)。このことから、林齢が若く、樹木のサイズが小さく、密度が高い場合はドローン調査で見逃す確率が高いと推測されます。海側の頻度分布を見るとほとんどが小径木で林冠にあらわれていないと推測されます。一方、陸側では被害木も大径木が大きくドローン調査の把握率が高いことがわかります (図 12)。また、風の松原は歩道が密にあるので、オルソ画像を作成しなくても、目視により写真の配置は可能でした。

表 2、踏査とドローン調査についての被害木本数 (C)

被害木	Cプロット(海)		Cプロット(陸)	
	踏査	ドローン調査	踏査	ドローン調査
被害木	229	52	31	24

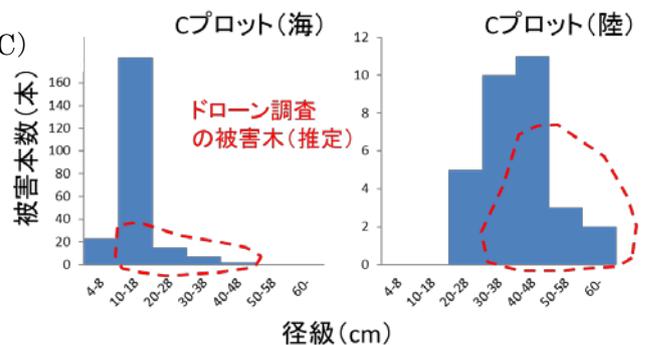


図 12、被害木の頻度分布 (C)

(2) 労力について

踏査にかかった労力はAプロットで8.50人・時間(17人で30分)、Bプロットで12.70人・時間(19人で40分)、Cプロット(海側)で45.00人・時間(20人で135分)、Cプロット(陸側)で32.93人・時間(19人で104分)でした。ドローン調査にかかった労力はAプロットで空撮に0.40人・時間(4人で6分)、画像確認に1.48人・時間(1人で89分)、現地調査に0.50人・時間(2人で15分)、合計で2.38人・時間となり、Bプロットで空撮に0.87人・時間(4人で13分)、画像確認に1.53人・時間(1人で92分)、現地調査に0.47人・時間(2人で14分)、合計で2.87人・時間となり、Cプロット(海側)で空撮に1.67人・時間(4人で25分)、画像確認に1.73人・時間(1人で104分)、合計で3.40人・時間となり、Cプロット(陸側)で空撮に2.20人・時間(4人で33分)、画像確認に1.00人・時間(1人で60分)、合計で3.20人・時間となりました(表3)。

踏査に対するドローン調査の労力削減率はAプロットで28.0%、Bプロットで22.6%でした。平成30年度調査ではドローン調査において現地調査を省略しているので一概には比較できませんが、労力削減率はCプロット(海側)で7.6%、Cプロット(陸側)で9.7%でした。

表3、踏査とドローン調査に要した人数・時間

調査法		A	B	C(海)	C(陸)
踏査	人数	17	19	20	19
	作業時間(分)	30	40	135	104
	人・時間	8.50	12.70	45.00	32.93
ドローン調査 空撮	人数	4	4	4	4
	作業時間(分)	6	13	25	33
	人・時間	0.40	0.87	1.67	2.20
画像確認	人数	1	1	1	1
	作業時間(分)	89	92	104	60
	人・時間	1.48	1.53	1.73	1.00
現地調査	人数	2	2		
	作業時間(分)	15	14	省略	
	人・時間	0.50	0.47		
合計	人・時間	2.38	2.87	(3.40)	(3.20)

4 考察

ドローン調査の利点は、調査区域全体を視覚的に把握し、現地調査に入る前に被害木がどこにあるかを絞り込み、踏査では避けることが出来ない無駄歩きを省けることです。またドローン調査では踏査のように大人数を動員した現地調査は必要なくなります。これらの理由によりドローン調査では踏査に対し要する労力を削減することが出来ます。ドローン調査で最も労力がかかるのが画像確認ですが、現地調査に比べ体力的疲労が少ないため、この結果に表れている数字以上の省力化が達成できているものと期待されます。

ほかに挙げられる利点としては空撮画像で何度でも再検証できる点です。複数人で確認することで過誤を防ぐことが出来ます。また、被害分布の変遷などの評価や林分管理に役立てることもできます。

ドローン調査での一番の欠点は空撮画像では下層の被害木を見逃すリスクがあるということです。特に若齢のクロマツの密度が高い林分では把握できない被害木が増えることが予想されます。ドローン調査を導入する場合は下層の被害木を探す現地調査を行うことも検討する必要があります。

オルソ画像を作成した場合、写真の配置をする手間が省けますが、よりオーバーラップ率の高い撮影になるため空撮時間が長くなります。今回の調査地のように歩道が密に入り位置を把握しやすい場合はオルソ画像を作成しなくても被害状況は把握出来ました。オルソ画像を作成するか否かは、空撮時間をどれだけとれるかや画像のみから位置を把握出来るか等の条件により判断する必要があります。

風の松原のように市民の要望も有り維持する海岸林は小径木も含めて隈無く探していく必要があると考えているので、ドローン空撮のみに頼るのは危険だと思われます。しかし、風の松原のように多大な労力をかけて守られている松原ばかりでは無いと思います。現段階で人海戦術による全面積踏査が行われてない被害先端地ではドローンは早期発見・早期防除の助けとなりますし、低コストである程度の被害量把握に役立てることが出来ると考えております。

5 謝辞

秋田県山本地域振興局森づくり推進課の佐藤衛さまにはドローン調査に協力していただきました。

6 参考文献

- ・秋田県 (2016) 「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」
- ・福永寛之、加治佐剛、寺岡行雄 (2017) 「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 70:57-60
- ・星崎和彦、太田和誠 (2013) 「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—伐倒駆除の優先順位を統計的に導く—」森林防疫 62:22-28
- ・松浦邦昭、中北理、小林一三、星崎和彦、太田和誠、田代隼人 (2010) 「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 92:72-78
- ・森林総合研究所 (2010) 「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/matsukuiimushi-manual.pdf>)