

防護柵の維持管理コストの削減について ～ドローンを活用したコスト削減効果の検証～

近畿中国森林管理局 滋賀森林管理署 山口 真一
大西 知芳

1 課題を取り上げた背景

戦後造成された人工林が本格的な利用期を迎えており、これらの森林資源を有効かつ持続的に利用するためには主伐再生林の推進が必要です。しかしながら、木材価格の低迷により主伐後の再生林費用の捻出が困難なため、再生林費用を低く抑える工夫が求められています。その方法として伐採と造林を並行または連続して行う「伐採と造林の一貫作業システム」の導入等の取組みがありますが、ニホンジカを始めとする野生鳥獣による食害が深刻な状況の中では、植付後の防護柵の設置及び設置後の維持管理が必須となっており、これが再生林費用を引き上げる主な原因になっています。

このため、防護柵設置後の維持管理を省力化する方法としてドローンを活用した見回りに着目し、そのコスト削減効果と長所短所を検証することとしました。

2 経過

滋賀県甲賀市の三郷山国有林 113 ほ林小班では、平成 30 年度に保護伐(小面積皆伐)を行い、防護柵を設置した後、コンテナ苗を植え付けました。しかしながら、その後、倒木や防護柵周辺の法面崩壊により防護柵の一部が破損し、そこからニホンジカが侵入して食害が発生しました。

この反省から、防護柵の見回りを省力化できれば見回り回数を増やすことができ、防護柵の異状を素早く発見できると考え、当該林小班を対象として、見回りに要する時間等を人力とドローンとで比較し、両者のメリットとデメリットを検討することでドローンを活用したコスト削減効果を検証することとしました。

また、取り組むにあたって既存の研究・報告について文献調査を行ったところ、酒井¹⁾の報告からは、防護柵の不具合の4割が下張りロープと地面との隙間であり、防護柵の破損の要因は動物による潜り込みが3割、落石や土砂崩れが3割で、動物の潜り込みに対しては見回り頻度と質を上げて対応せざるを得ないと提案されています。吉本ら²⁾の報告では、防護柵をドローンで巡視をするには黒色ネットの視認と操作の熟練、植生の繁茂で確認しづらいというところに問題があると提起され、榎谷³⁾の報告では人力見回りに対し、ドローンを利用すると工期が約2分の1になると報告されています。以上から、ドローン利用の判断基準の明確化とドローン利用時のネットの視認性の向上を解決すべき課題ととらえ、問題点を確認することとしました。

3 試験地の概要

試験地として選んだのは前述の三郷山国有林 113 ほ林小班で、同小班内に2カ所造林地があります。それぞれの防護柵延長や面積、平均傾斜は表-1のとおりです。

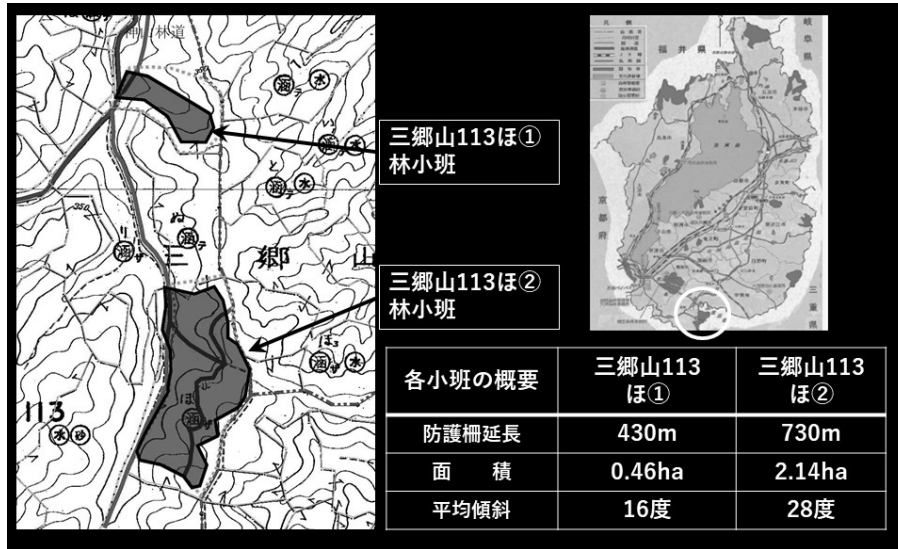
4 試験の内容

(1) 巡回時間の比較

ア ドローンによる巡回時間の計測

ドローンによる巡回にかかる飛行時間を計測するとともに、ドローンは準備と片付けに時間がかかることから、これらの時間についても計測し、平均を取ることとします。

表—1 試験地の概要（滋賀県甲賀市 三郷山国有林）



イ 人力による巡回時間の計測

人力による巡回時間の計測については、実際にロープの緩みや浮き、倒木やネットの破損の有無等を調べながら巡回し、かかった時間を複数回計測の上、平均を取ることとします。

(2) ドローン巡回の問題点の確認と検証

既存研究・報告で分かったドローン巡回の問題点を確認するため、以下の項目について検証を行います。

- ア 支柱の折れ
- イ 防護柵への倒木
- ウ 支柱使用時のネットの視認性
- エ 下張りロープと地面の隙間（浮き上がり）
- オ ネットへの動物の絡み
- カ ネット破れ
- キ 植生の繁茂が著しい時のネットの視認性
- ク 立木支柱利用時のネットの視認性
- ケ 枯損木の発見
- コ 斜面崩壊の発見



写真—1 ドローンによる防護柵点検

5 試験結果

(1) ドローンと人力による巡回時間の比較

それぞれの巡回時間の計測結果は図—1のとおりです。人力巡回に比べ、ドローン巡回は、準備等を含まない場合は防護柵延長の短い三郷山 113 ほ林小班—①で約5分の1、防護柵延長の長い三郷山 113 ほ林小班—②で6分の1に時間を削減でき、準備・片付け時間（約16分）を含めても2分の1に時間を削減できました。

この結果から、

- ・防護柵延長が長いほどドローン巡回が有利であり、時間削減効果が高くなって人件費のコスト削減に効果があること。
- ・ドローンは準備・片付けに一定の時間が必要であり、それを考慮しても今回の結果では人力巡回の2分の1の時間削減を達成できていること。
- ・防護柵延長が短い場合は人力巡回の方が有利な場合もあること。

が分かりました。

しかし、防護柵延長が短かった場合でも、手軽に巡回できることや労働強度が低いことを合わせると、ドローン巡回が総合的には有利ではないかと考えます。

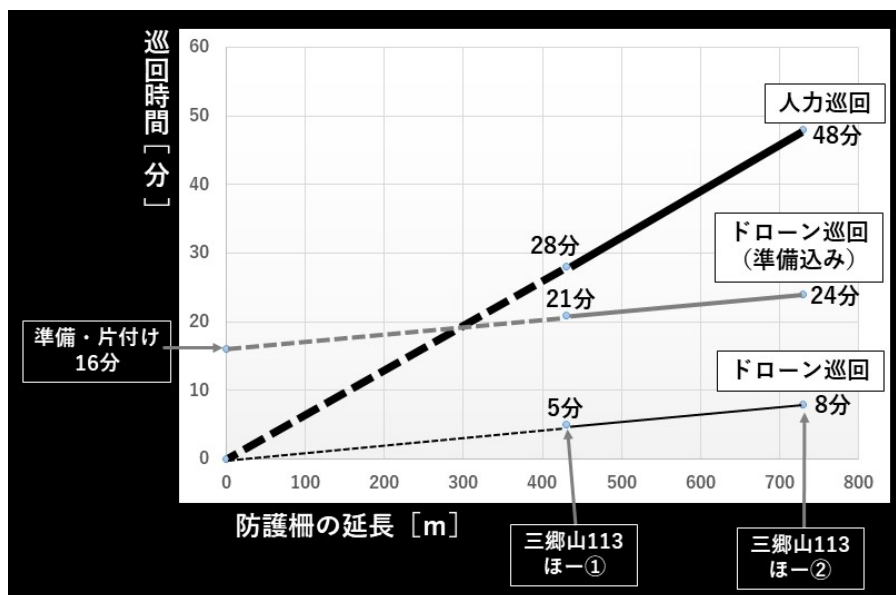


図-1 ドローン巡回と人力巡回の時間計測結果

(2) ドローン巡回の問題点の確認と検証

各項目の検証結果は以下のとおりです。

ア 支柱の折れについて

ドローンの映像で確認できるため、点検は十分可能と判定しました。

イ 防護柵への倒木について

ドローンの映像で確認できるため、点検は十分可能と判定しました。

ウ 支柱使用時のネットの視認性について (写真-2)

ネットは上張りロープを使用して張っており、このロープが見えればネットのたるみが分かります。ロープの色が黒や緑色の場合は見にくいですが、テープを垂らすことにより視認性が向上することが分かりました。今回はピンク、黄、白、青の4色で試験を行い、この中でピンクが最も判別しやすいことを確認しました。よって、工夫により点検可能と判定しました。

エ 下張りロープと地面の隙間 (浮き上がり) について (写真-3)

シカやイノシシは下からの潜り込みが多いため、下張りロープの浮き上がりを発見することが重要ですが、写真-3では上張りロープの確認はできるものの、下張りロープについては目印のピンクテープを付けても確認することができませんでした。よって、ドローンでは確認できないと判定しました。

オ ネットへの動物の絡みについて (写真-4)

防護柵にドローンを十分に近づければ確認は可能ですが、そのためにはドローンの操縦に習熟が必要ということが分かりました。よって工夫により点検可能と判定しました。

カ ネットの破れについて (写真-4)

防護柵にドローンを近づけないと確認がしにくいことから、操縦に習熟が必要ということで工夫により点検可能と判定しました。

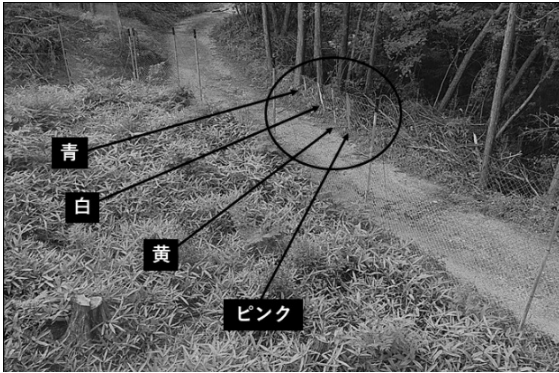


写真-2 ネットの視認性の確認

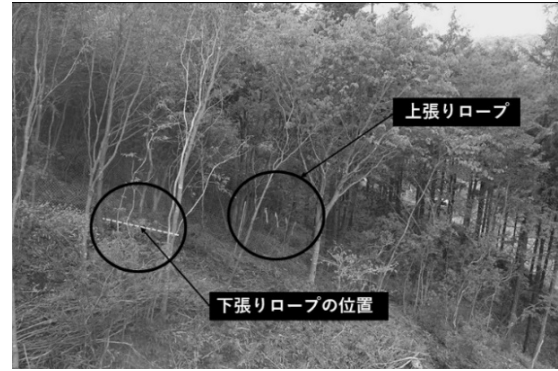


写真-3 下張りロープと地面との隙間の確認

キ 植生の繁茂が著しい時のネットの視認性について（写真-5）

ネットの周辺に草木が著しく生い茂ってしまった場合はドローンでの確認は難しいため、人力巡回の際に草刈り等をしておく必要があることから、工夫により点検可能と判定しました。

ク 立木支柱利用時のネットの視認性について（写真-5）

林縁1列目の木を立木支柱に使用している場合は、問題なくドローンでネットを確認できますが、2列目以降にネットを張った場合は他の立木や灌木に遮られて確認できないことから、1列目限定であれば点検可能と判定をしました。



写真-4 動物の絡み、ネットの破れの確認



写真-5 植生の繁茂、立木支柱使用時のネット確認

ケ 枯損木の発見について

防護柵周辺にある枯損木を早期に発見し、倒木による柵の破損を防ぐことは大切ですが、人力巡回では見通しの悪いところでは見つけることができませんでした。ドローンでは造林地上空へ高く飛ばせば確認できるので、点検は十分可能と判定しました。

コ 斜面崩壊の発見について

斜面崩壊についてもドローンを上空へ高く飛ばせば確認できるので、点検は十分可能と判定しました。

6 考察

(1) ドローン巡回の課題とその解決に向けて

ア 防護柵への接近撮影

ネットへの動物の絡みやネットの破れの確認などにはドローンがネット自体に近づく必要がありますが、プロペラの破損や墜落のリスクが高くなります。このことから、ドローンの操作には高度な技術とその習熟が求められることになると考えます。

イ 効率の良いドローンの操作

ドローンの稼働時間はバッテリー容量に左右されます。この限られた時間内に効率よく巡回を終えるためには、操作の習熟が必要になると考えます。

ウ 操作地点の選定

ドローンを視界に捉えながら飛行させるためには造林地全体が見渡せる場所へ移動しなければなりません。そのため、事前に操作地点を検討する必要があると考えます。

エ 上張りロープの視認性向上

ネットのたるみを見つけやすくするためには、上張りロープの視認性向上が必要です。視認性を向上させる安価な方法として、上張りロープに数カ所ピンクテープを巻き付ける方法が有効ではないかと考えます。

オ 立木支柱使用箇所の視認性確保（図－２）

林縁にある１列目の立木を支柱に使用した場合、強風等で立木自体が倒れてしまうリスクが高いため、林縁から２列目以降の立木を使用することが多いですが、これでは前列の立木や他の灌木に遮られてドローン巡回では防護柵を確認できないという問題があります。

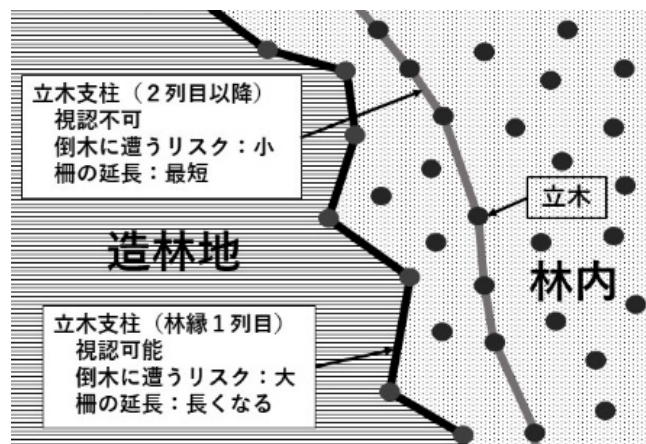
ドローンでの巡回を行うためには、防護柵は倒木のリスクを承知の上で、林縁の１列目に設置する必要があります。

しかし、前述のとおり倒木のリスクと、１列目の立木の配置に左右されて防護柵延長が長くなってしまい、設置費用が高くなってしまおうという新たな問題が起こります。

このうち、倒木によるシカ侵入のリスクは、ドローン巡回で倒木箇所をいち早く発見して対応すれば解決可能ではないかと考えます。

また、防護柵設置の延長が長くなることに関しては、伐区の形をできるだけ単純化し、皆伐の設定調査の段階から立木支柱に使用する立木を想定して測量を行うことにより解決可能ではないかと考えます。

以上のことから、ドローン巡回が可能な環境を想定した皆伐実施の必要性を提案します。



図－２ 立木支柱の位置と視認の可否
倒木に遭うリスク及び防護柵延長の関係

(2) ドローン巡回の限界

今回の試験では、ドローン巡回による下張りロープの浮き上がりについては、目印を付けても確認することができませんでした。動物の侵入はネットの下側からが大半であることから、この確認ができないことは致命的であると考えます。このため、現状では人力巡回との併用は欠かせないと考えます。

7 結論

(1) ドローン巡回は人力巡回と比較して、時間的、労働強度的にも有利であり、コストダウン効果があります。

(2) 工夫を凝らしてもドローン巡回では確認できないことがあるため、人力巡回との併用は必要です。

(3) ドローン巡回で対応可能な箇所を増やすため、伐区の形の単純化や立木支柱として利用する立木の選定など伐区設定の段階から検討が必要です。

以上から、ドローン巡回は機動的に、人力巡回は正確性を求めて運用すべきと考えます。

8 今後の課題

- (1) ドローン巡回と人力巡回の比較はデータ数が少ないため、他の施工地を含めて、更にデータの積み重ねが必要です。
- (2) 現状ではドローン巡回で確認できない防護柵の下張りロープの異常発見について、新技術の開発も含め検討が必要です。

引用文献

- 1) 酒井敦 皆伐・再造林地におけるシカ防護柵の実態と被害対策：p101, 108, 110、水利科学 No. 359、2018
- 2) 吉本和正、福山敦之 低コストで効果的な獣害防止対策（斜め張り・L型ネット）及びドローンを活用したシカネット巡視の取組について：p6、四国森林管理局業務研究発表、2016
- 3) 榎谷仁志 京都大阪所におけるドローン活用の取組について～現場業務の効率化を目指して～：p3-4、近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表、2018