

7 安全で効率的な維持・管理手法の検討結果

(1) 植栽木枯死率の検出の可能性

現地調査により、植栽木の植生高や地形の条件が異なる3地区を対象に、通常のドローン撮影及び近赤外ドローンによる撮影を行った。あわせて、各地区の典型的な場所において、コドラート調査を行い、当該調査地点がNDVIでどのように表現されるかを把握した。

① 調査対象地区

3地区（三宅地区、夏梅地区、下向山地区）を対象に、ドローンを用いて通常の撮影に加えて、近赤外撮影を実施した。

表7－1．調査日

調査時期	調査日	備考
夏季調査	8/25-27	8/26に近赤外ドローンを紛失してしまったため、静止画撮影のみを実施。
冬季調査	12/24-25	近赤外撮影、静止画撮影を実施



図7－1．調査地点位置図

② 調査結果

各地区のオルソ画像、NDVI 画像を写真 7-1～7-9 に示す。

a. 三宅地区（写真 7-1～7-3）

- ・夏季及び冬季で、計 6 地点でコドラート調査を行った。植栽木の植生高は平均 0.53m、生育密度は 100m² あたり 19 本であった。
- ・夏季、冬季調査時には造林地内にシカの足跡は確認できなかった。
- ・近赤外による NDVI 値の撮影結果では、植生高が低く、多くの部分に積雪があったため、個々の植栽木の判別は難しかった。（写真 7-3 参照）



b. 夏梅地区（写真 7-4～7-6）

- ・夏季、冬季で、計 3 箇所でコドラート調査を行った。
- ・各コドラートの平均の植生高は、1.6m、1.9m、2.2m であった。
- ・夏季・冬季調査時には造林地内にシカの足跡が確認された。
- ・近赤外による NDVI 値の撮影結果では、植生高が 5 m を超える植栽木が生育する範囲では個々の植栽木が確認できた。（写真 7-6 参照）



c. 下向山地区（写真 7－7～7－9）

- ・夏季、冬季で、計 4 箇所でコドラート調査を行った。
- ・各コドラートの平均の植生高は、1.6m、1.9m、2.2m、2.3m であった。
- ・夏季・冬季調査時にはシカの足跡が確認された。また、調査中にもシカを目撃した。
- ・近赤外による NDVI 値の撮影結果では、造林地内にあるアカマツが生育している部分は、薄い緑色となっていた。（写真 7－9 参照）



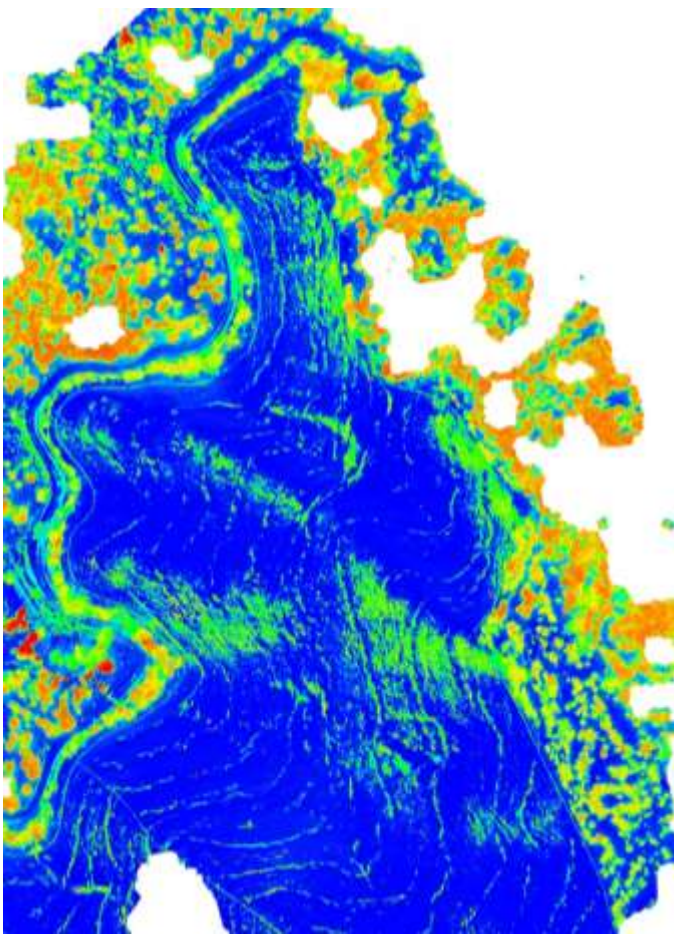
		
写真7－1. 三宅地区（令和2年8月撮影）	写真7－2. 三宅地区（令和2年12月撮影） 注：●はコドラート調査地点	写真7－3. 三宅地区（令和2年12月撮影：NDVI）



写真7-4. 夏梅地区（令和2年8月撮影）



写真7-5. 夏梅地区（令和2年12月撮影）

注：●はコドラート調査地点

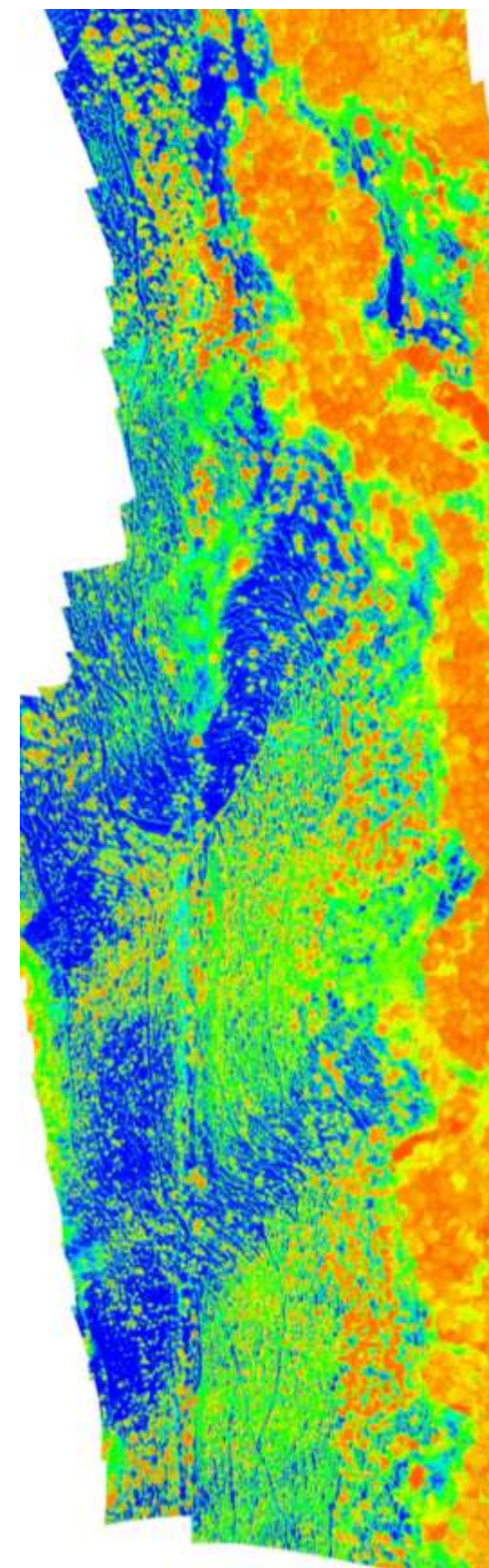


写真7-6. 夏梅地区（令和2年12月撮影：NDVI）



写真 7－7. 下向山地区（令和 2 年 8 月撮影）

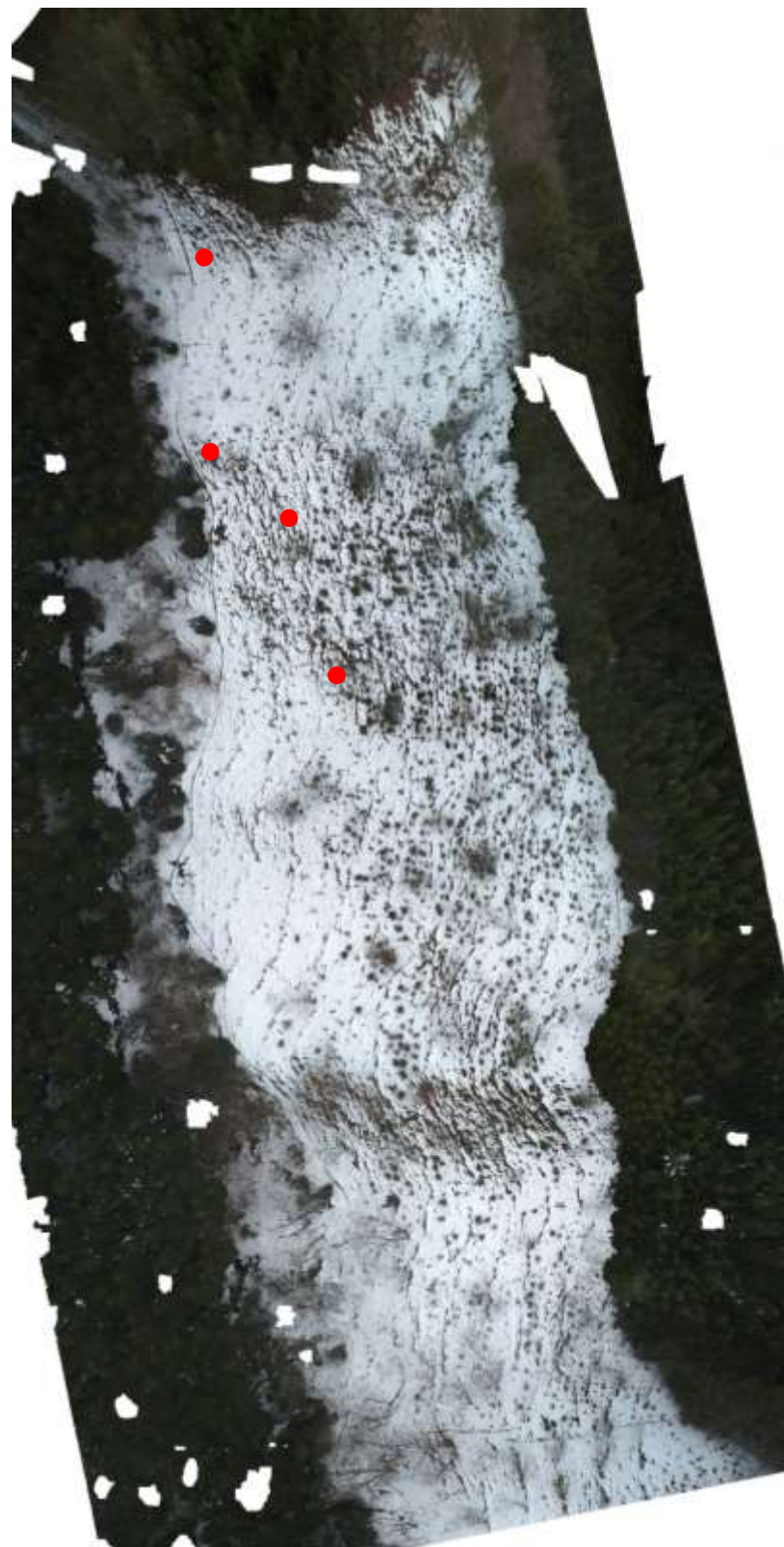


写真 7－8. 下向山地区（令和 2 年 12 月撮影）

注：●はコドラート調査地点

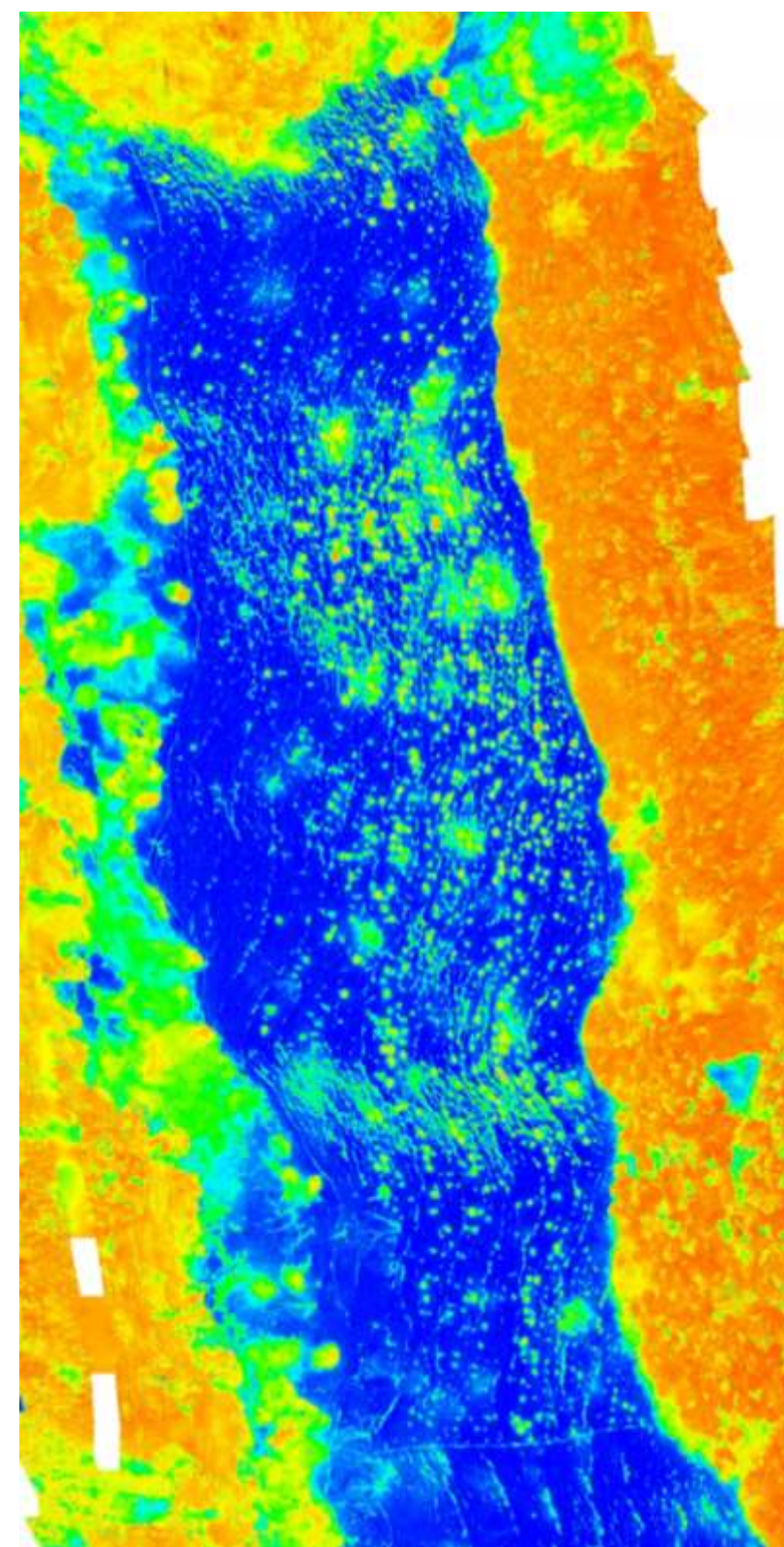


写真 7－9. 下向山地区（令和 2 年 12 月撮影：NDVI）

③ NDVI による植栽木枯死率の検出の可能性について

ドローンにより植栽木の生育状況を短時間で広域に把握するためには、急峻な地形等を考慮すると、その飛行高度を 100m 程度で撮影する必要がある（今回の調査の夏梅地区の地形条件）。

植栽木の樹高が 5 m 程度であれば、適度に植栽木の間隔があき、一定範囲の植栽木の生育状況が相対的に把握できる可能性がある（写真 7－10 参照）。

より狭い造林地を対象に調査を行う場合、ドローンの飛行高度を 50m 程度に下げて、個々の植栽木の生育状況を把握できる可能性が考えられる（今回の調査での三宅地区や下向山地区の地形条件）。

一方、三宅地区のように、植栽木の樹高が 2～3 m と小さい場合は、ドローンの飛行高度を低くしても、下層の植生等の影響を受けて植栽木の生育状況を把握できない、または植栽木が区別できない可能性が考えられる。

植栽木の樹高が 100～160cm を超えると食害の発生割合が低下するという報告²を考慮すると、植栽木の樹高が 2 m 以下と低い造林地において、植栽木を選定的に抽出し、かつ、生育状況が把握できれば、現在、近赤外を用いて水田や牧草地で生育状況等の把握が行われているように、シカ被害を含めた植栽木の生育状況が把握できる可能性がある。

このため、今後、植栽木の樹高が低い造林地において、下層植生が枯れる時期を含めた複数の時期を対象に NDVI 値を測定し、植栽木の生育状況の把握に適した調査時期、ドローンの飛行高度、樹高、地形条件などの関係を整理する必要がある。

④ 近赤外ドローンによる防護柵の点検の可能性について

NDVI 画像で防護柵の位置が分かる部分がある。近赤外線は、可視領域ではなく、通常、化繊は近赤外域を反射するため、防護柵も植物と同じような NDVI 値を示していると想定される。

このため、一部の会社が開発している近赤外域を吸収する素材を利用した防護柵を利用した場合でかつ、植物の活性が高い夏季に近赤外による撮影を行った場合、NDVI 値が低い（青い）部分が明確に示される可能性がある（写真 7－11）。

他方、NDVI 値は近赤外域の反射によって示されることから、林内にある防護柵の状況は上空から状況が把握できないため、通常の撮影と同様に、その状況を把握できないと考えられる。

² 2 年生ヒノキ造林地の樹高と下刈り省略がシカ食害に及ぼす影響、渡邊ら、日緑工誌, J. Jpn. Soc. Reveget. Tech., 39 (2), 264—267, (2013)

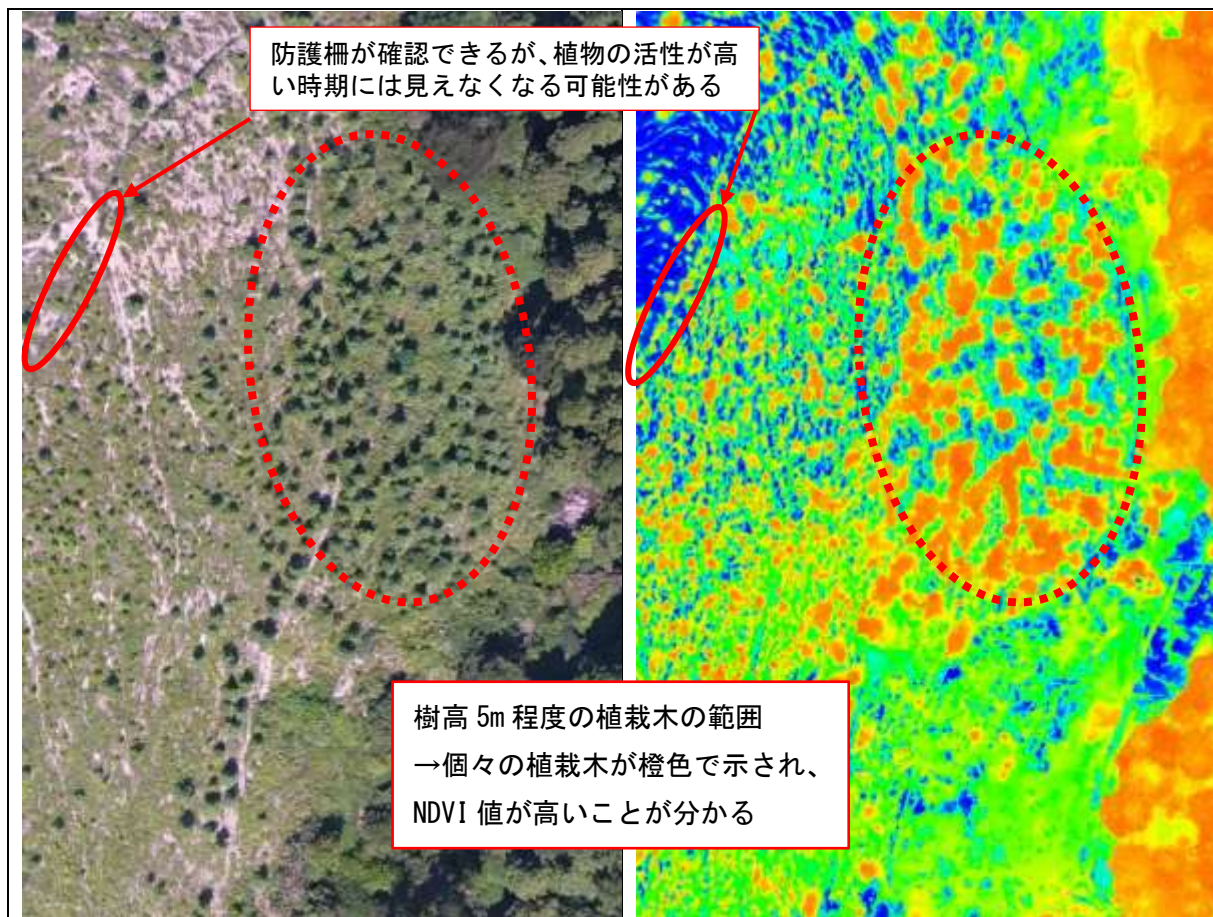


写真 7-10. 樹高 5m 程度の植栽木の NDVI 値



写真 7-11. 近赤外域を吸収する素材（右側写真）の例

左：通常のカメラのモノクロ写真、右：近赤外カメラの写真。後ろの植物を含め近赤外域が反射され白く見えるが、左手にもつ素材は近赤外域を吸収して黒い。(https://www.ko-pro. tech/190318/)

(2) 定期観測による造林地モニタリングの検証

定期観測による造林地モニタリングは、①造林地の定期的な撮影、②シカ等の進入状況の確認、③視認しやすい防護柵の色の検討を行った。また、IoT システムによる防護柵の点検自動化について、インターネットによる資料収集を行った。

① 造林地の定期的な撮影

3 地区を対象に、2 年間 3 回にわたって、オルソ画像を取得し、防護柵の破損状況や、シカ道の形成の状況、表土流出の状況などの把握が可能かを検証した。

その結果、防護柵の破損状況については、大きな枯死木が防護柵に倒れている場合は、オルソ画像やドローンによる把握が可能となることが分かった。

一方で、ペグ抜けや防護柵の破れなどをドローンで把握することは困難であること、積雪がない季節は、シカの足跡やシカ道をオルソ画像やドローンで把握することは困難であることが分かった。

ドローンによる防護柵の点検については、四国森林管理局³や山口県⁴で実証実験が行われている。それによると、ドローンの操作技術が十分であれば、防護柵の直上を飛行することで防護柵への倒木や水害などによる防護柵の破損、シカの死骸などの把握が可能となる。しかし、防護柵下部のペグの抜け等の細かい点や、植生の繁茂により柵が確認できない等といった課題が整理されており、本業務で得られた知見、課題と同様な結果が得られている。

シカによる造林地の被害防止に防護柵は有効であるが、その点検は労力を有することから、沢筋や獣道を横断しないように設置するなどの対策に加えて、ドローンによる防護柵の点検を前提とした、防護柵の設置の留意点などを整理する必要がある。

³ 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、四国森林管理局、吉本ら

https://www.rinya.maff.go.jp/j/gyoumu/gijutu/kenkyu_happyo/attach/pdf/H29_happyo-49.pdf

⁴ 平成 30 年度鳥獣被害防止総合対策の実施状況について

<https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cmsdata/4/0/7/40704b5bb3cfafe4a06b1ecd80455fc3.pdf>

② シカ等の進入状況の確認

夏梅地区及び下向山地区では夏季、冬季とも造林地内にシカの足跡が多数確認された。飛行高度 100m でのドローン撮影でも足跡が確認できたため、足跡を追うことで防護柵の破損等の把握が可能となることが分かった。

積雪がある地域では、冬季は天候が変わりやすく風が強い場合があり、ドローンの撮影に適していない時期であるが、ドローン撮影に適した地形条件であれば、撮影は安全でかつ短時間⁵で実施できることから、防護柵の破損等によるシカの進入の有無、破損箇所や侵入箇所の特定は容易であると考えられる。



⁵ 高さ 30m 程度で撮影する場合、夏梅地区外周 3km は約 17 分で撮影可能（飛行速度 3m/s）。なお、地形条件によってはドローンを視認するよう複数回の飛行が必要となる。



③ 視認しやすい防護柵の色

ドローンによる防護柵の点検についてまとめた報告では、黒色のネット繊維は映像が映りにくく、破損等が確認しにくいとの課題が整理されていた。このため、地上にカラー紐を置き、ドローンによる撮影を試みた。

その結果、積雪がない地面では黄色及びピンク色が、積雪がある地面では青色が識別しやすかった。また、高度 40m では紐が識別可能であったが、80m 以上は識別が難しかった。

なお、昨年度、デジタルカメラで様々な色を撮影した結果では、「距離 50m まで識別可能で（中略）赤色系統ではピンク、オレンジ、黄色が、無彩色系統では銀や白が、茶色系統では薄緑色が、青色系統では薄紫色と水色が 50m 離れても確認することができた。特に白に近い薄い色が識別しやすい」という結果であった。

高度
10m



20m



40m



80m



100m



④ IoT システムによる防護柵の点検自動化の取組事例

IoT システムを用いた防護柵の点検については、静岡森林管理署、常葉大学、(株) KDDI の連携による取組と、アイオーネイチャーラボ(株)、宮崎県美郷町、耳川広域森林組合等の連携による取組が行われている。

事例 1：静岡森林管理署、常葉大学、(株) KDDI の連携による取組⁶

防護柵の素材や形状を変えて、その違いを把握するとともに、センサーにより破損を検知するシステムを採用している。



防護柵の破損を検知するための試験



シカ忌避音発生装置の試験



斜め張りネット柵（青色）、金属柵（赤色）、縦張りネット柵（緑色）、それぞれにセンサーを付け、破損が発生した場合は検知できる。

⁶ 平成 30 年度 静岡県内の森林管理署におけるニホンジカ対策の報告会
https://www.rinya.maff.go.jp/kanto/sizuoka/siz20190408_1.html

事例 2：シカ等侵入防護柵の点検自動化に向けた IoT システムの実証事業⁷

防護柵の支柱にセンサーを取り付け、シカ等により支柱の揺れを検知した際に、管理者にメールで通知が来るシステムである。各支柱のセンサーが発信する電波を親機で集約し、地形や植生の繁茂による電波影響を避けるために、適宜、中継機を設置している。



⁷ IoT 利用環境構築事例集、令和 2 年 3 月、総務省
<https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/fees/purpose/ansin/jirei.pdf>

(3) ドローンによる防護柵の点検に適した条件

様々な条件の造林地でのドローン撮影を踏まえて、ドローンによる防護柵の点検に適した条件は以下の通り整理することができる。

①地形が急峻でないこと

- ・飛行中のドローンの確認が容易である。
- ・地形による電波切断が生じにくい。
- ・地形によって生じる日影の範囲が狭くなる。

②造林地の面積が広大でないこと

- ・飛行中のドローンの確認が容易である。
- ・飛行時間を短く設定できるため、天気の急変に対応可能となる。

③隣接する樹林から防護柵が離れていること

- ・飛行中のドローンの確認が容易である。
- ・隣接する樹林に接触する可能性が低くなるため、防護柵の直上を飛行可能となり、かつ、飛行高度を低く設定できる。

④防護柵が視認しやすい色であること

- ・赤色系統ではピンク、オレンジ、黄色が、無彩色系統では銀や白が、茶色系統では薄緑色が、青色系統では薄紫色と水色が 50m 離れても確認することができる。積雪時を除けば、白に近い薄い色は識別しやすい。

⑤動物の足跡が確認しやすい時期であること。

- ・積雪時は動物の足跡の確認が容易であるため、防護柵を通り抜けている箇所を確認することができる。

なお、造林地は急峻な地形に位置することがある。ドローンは目視の範囲内での飛行が原則であり、かつ、急峻な地形による電波切断を防ぐために、急峻な場所で防護柵を点検する場合は、ドローンが広範囲に目視可能な場所（例：尾根部）まで操縦者及びその補助者が移動し、かつ、飛行範囲を狭く設定し複数回に分けて点検を行う必要がある。