

林内に設置した侵入防止柵 の管理技術

2022年5月

岡山県農林水産総合センター
森林研究所

目 次

1	はじめに	
	(1) シカの生息と被害の状況	1
	(2) 被害対策の現状と侵入防止柵の効果	2
2	侵入防止柵の管理方法	
	(1) 侵入防止柵に発生する不具合	4
	(2) 踏査による点検と簡易修繕方法	7
3	U A Vを使った侵入防止柵の点検	
	(1) U A Vによる点検の利点と注意点	17
	(2) 使用するソフトウェア	18
	(3) ミッション作成手順	19
4	おわりに	31

1 はじめに

(1) シカの生息と被害の状況

ニホンジカ（以下「シカ」という。）は全国で生息が確認されており、その分布域は拡大傾向にあります。幅広い種類の植物を採食し、農林業への影響も大きく、特に、森林・林業では、野生鳥獣による被害のおよそ4分の3を占めています。（図 - 1、2）

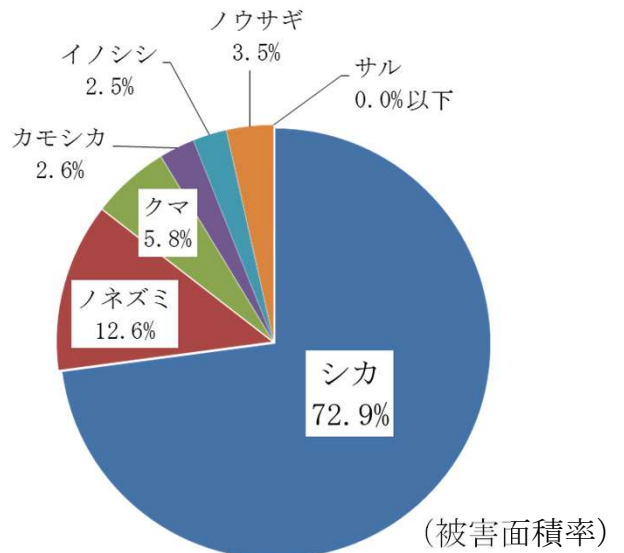


図 - 1 シカの分布状況と変化（2020）
出典：環境省HP (env. go. jp)

図 - 2 主要な野生鳥獣による森林被害（2020）
統計値の出典：林野庁HP (maff. go. jp)

岡山県では、これまでシカは北東部地域に生息しており、西部地域にはほとんど生息していないとされてきました。しかし、近年では県内の広い範囲で目撃されており、生息域は拡大傾向にあります（図-3）。

それに伴い、森林・林業への被害が大きくなっている地域が拡大しており、今は被害が確認されていない地域でも、今後、顕在化することが予測されます（図 - 4）。

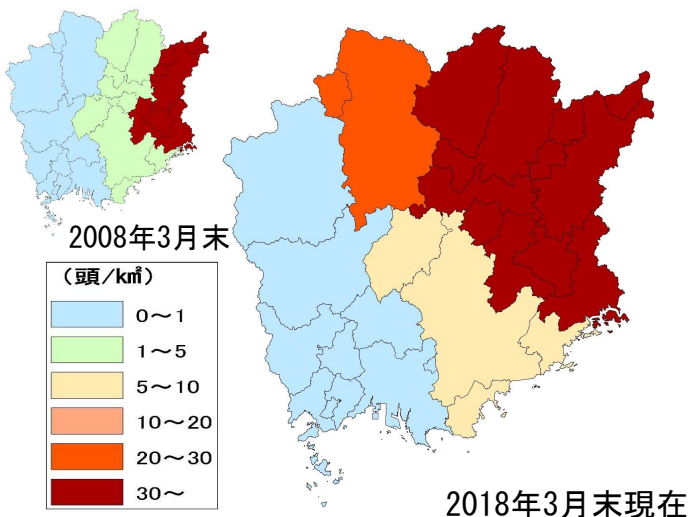


図 - 3 岡山県におけるシカの分布状況と変化（2019年度推定版）

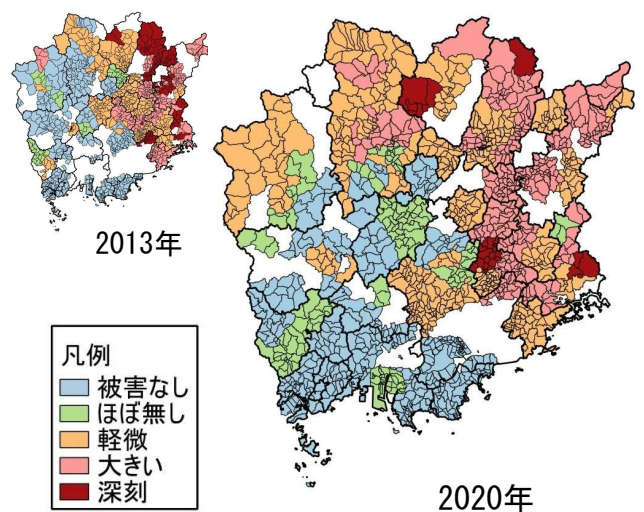


図 - 4 シカによる被害状況と変化（有害鳥獣駆除班アンケート結果）

(2) 被害対策の現状と侵入防止柵の効果

林内で、造林木をシカの食害から守る方法として、柵や単木保護資材、忌避剤などが使われています。しかし、これらの資材が使用されている造林地は一部で、ほとんどの地域では使われていません。（表 - 1）

表 - 1 シカによる森林被害の発生と個人所有林における対策の実施状況
（森林組合への聞き取り）

2013	生息	被害	対策 (個人所有林)	2017	生息	被害	対策 (個人所有林)
a	x	x	x	a	○	x	x
b	x	x	x	b	○	x	x
c	x	x	x	c	○	x	x
d	○	x	x	d	○	x	x
e	○	x	x	e	○	x	x
f	○	x	x	f	○	○	x
g	○	x	x	g	○	○	x
h	○	○	x	h	○	○	x
i	○	○	x	i	○	○	x
j	○	○	x	j	○	○	x
k	○	○	○	k	○	○	○
x	3	7	10	x	0	5	10
○	8	4	1	○	11	6	1

その理由として、①現状の被害が少ない、②導入コストが高い、③補修などの管理ができないなどが挙げられました。

また、そもそもシカが多く生息する林内では防護資材は有効ではないという意見もありました。



造林地では防護資材は役に立たない？

そこで、侵入防止柵の有効性について調査した結果、①点検を実施しなかった場合、数ヶ月でシカが柵内に侵入する可能性がある、②定期的に点検を実施し、破損箇所を簡易的に修復することで、柵の性能を維持できる、③柵の設置初期に重点的に点検を行うことで、野生鳥獣が柵に干渉する頻度が抑えられ、その後の管理が容易になることが分かりました（表-2、図-5）。

表-2 点検間隔別のネットの破損状況

点検間隔	痕跡（ネット）		
	噛み痕	切断	侵入跡
3ヶ月間放置	有	有	有
約4週間	有	有	無
約3週間	有	有	無
約2週間	有	有	無

シカの生息密度が高い場所に設置された侵入防止柵は、設置後間もない時期には短時間でネットの破損が発生した。一方、柵内に侵入できるほど大きい破損になるのは数ヶ月かかると考えられる。

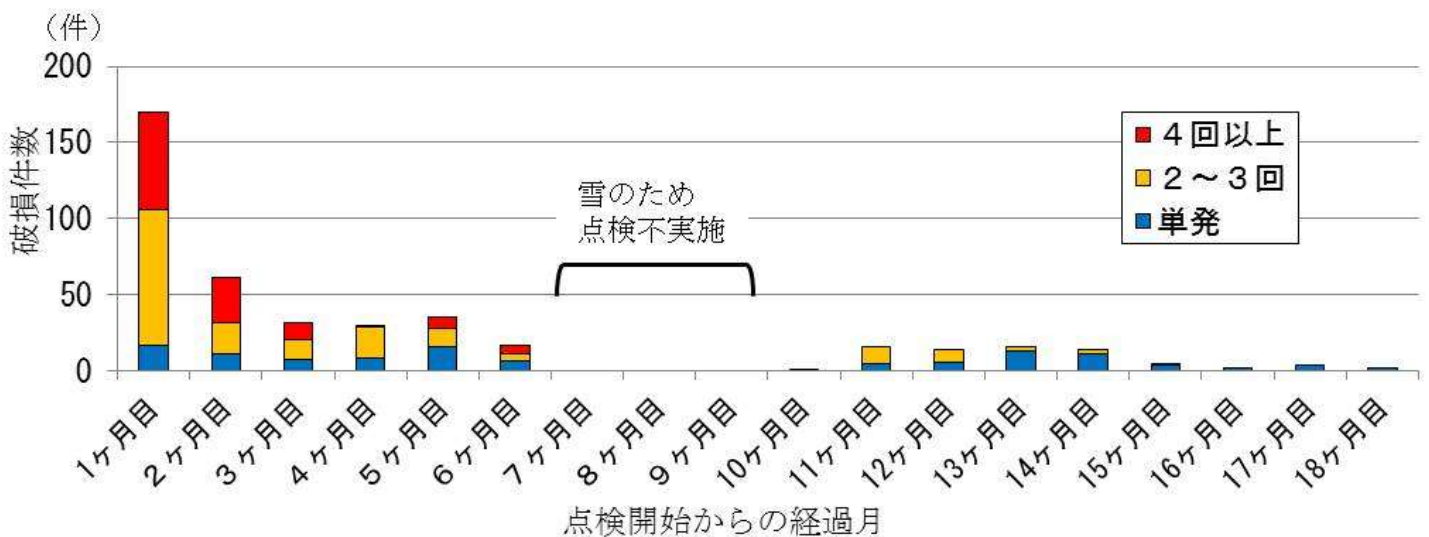


図-5 点検開始後2年間の鳥獣由来の破損発生件数

注：シカの生息密度の高い場所に設置された侵入防止柵を2週間毎に点検、簡易修繕した結果、破損の発生件数は急激に減少した。また、調査開始直後は、同じ箇所でも4回（2ヶ月）以上連続しての破損発生が多く見られたが、点検を継続することでほとんどの破損が単発での発生となった。

本冊子では、調査を通じて得られた、侵入防止柵の踏査方法及び実施にあたっての注意点と、点検労力を軽減する方法のひとつとして検討した、UAV (Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機) による侵入防止柵の点検方法のための自動飛行のプログラム作成方法を示します。

2 侵入防止柵の管理方法

(1) 侵入防止柵に発生する不具合

侵入防止柵は、シカが対象区域内に侵入することを防ぐための①ネット、それを支える②支柱、柵体を地面に固定するための③アンカー、及び柵体を垂直に保つための④牽引ロープで構成されており、これらが正常に機能することで防護効果をさらに高めることができます。



図 - 6 侵入防止柵に発生した破損（倒木落枝）

林内に設置されて1～3年経過した侵入防止柵を調査したところ、多様な原因で発生した破損箇所から、シカが柵内に侵入していることが確認できました（図 - 7）。

柵体の破損には、台風や雪などの自然気象が要因のもの、野生鳥獣による突き破りや絡まりなどの鳥獣が要因ものも見られましたが、侵入防止柵の設置時における瑕疵や下刈り時に発生したと思われる刃物による切断痕など、人為的な要因によるものが多く確認されました。

獣害対策の最初の一步として、製造メーカー等が示す仕様書に従って正しく設置し、保育作業等で柵体を破損した場合は修繕するなど、人為的な不具合を無くすことを心掛けてください。

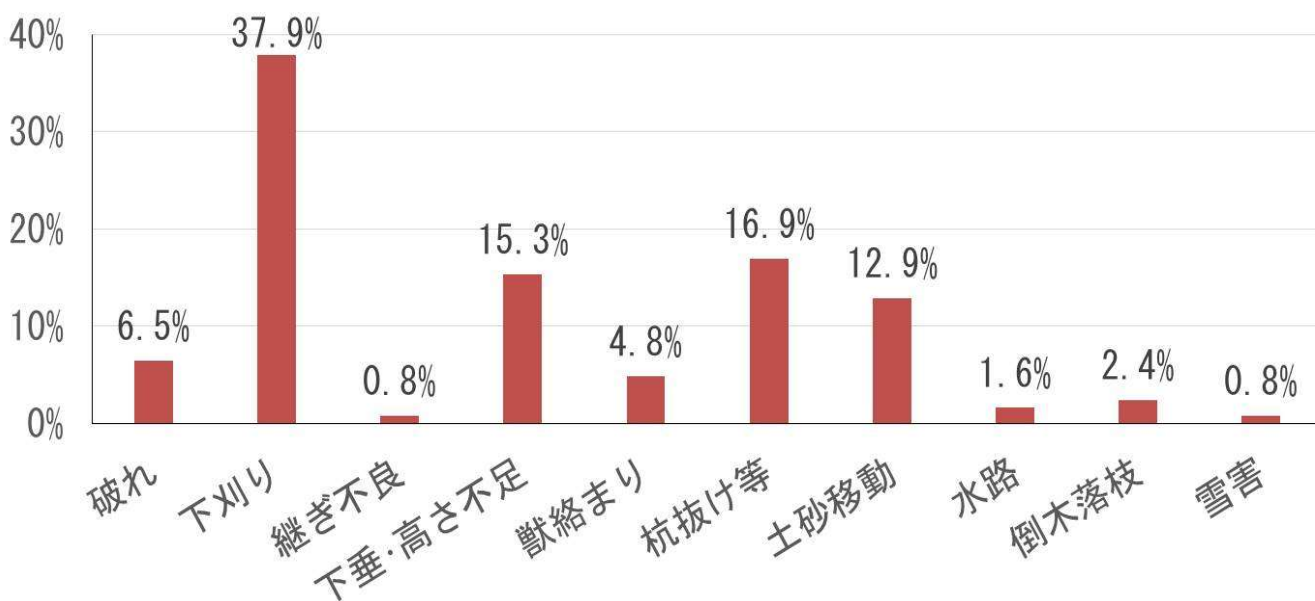


図 - 7 林内に設置された侵入防止柵における原因別の破損の発生状況

人為的な侵入防止柵の不具合例



石、岩盤上に設置

アンカー等でネットを固定することができず、大きな空間が生じた。

計画時に岩や岩盤の露出位置を確認し、経路から外す。



流水路上に設置

雨水等により形成された流水路で、地表面より下の部分に大きな空間が発生した。

計画時に流水路を横断しない経路を取る、または空間部分にネットを追加設置する等、シカが通過できないように措置する。



倒木、段積み上に設置

ネットが地表に固定できず空間が生じた。これらが腐朽すると、より大きな穴になり、柵内外を容易に往来が可能になるため、経路上の倒木や段積みは除去する。

人為的な侵入防止柵の不具合例



設置時に確認

アンカーの設置不良

アンカーが十分に打ち込まれていない状態でネットを固定しているため、ネット下に隙間が生じた。

アンカーをしっかりと打ち込むか、これ以上打ち込めない場合は、アンカーの地際部にネットを固定する。



設置時に確認

ネットの継ぎ方不良

ネットを継いだ際に端部同士を継いだため、経年劣化等により接続部が外れ、大きな空間が生じた。

ネットを継ぐ箇所は、支柱間の1/2～1スパン程度ネットを重ねる。



発生時に即時対応

刈り払い機等による切断

下刈り等、育林作業中に刈り払い機等でネットを切断し、そのまま放置された。

ネットを損傷した場合は、結束バンド等で容易に修復できるため、携帯し、発生時は速やかに修復する。

(2) 踏査による点検と簡易修繕方法

ア 点検の実施間隔

シカの生息密度が高い林内に設置されている侵入防止柵を対象として、獣類が起因となった破損の発生状況を確認した調査では、2～4週間以内の点検で柵体に破損は発生するものの、シカが侵入できる程の破損は発生しませんでした（表-3）。

シカの生息状況や侵入防止柵が設置されている環境によって、破損が発生する頻度は異なります。

初回の点検は、破損が発生してもシカが柵内に侵入できないと思われる設置数週間後に行うこととし、ネットの噛切りや絡まりなど、野生鳥獣が原因である破損の発生状況を確認して点検間隔を決定します。

点検を継続すると破損の発生件数が少なくなってくるので、点検間隔を延長することが可能です。破損の発生位置が集中していないか注意しながら、点検回数を減らし、無理のない管理体制で行ってください（図-8）。

一方、点検不実施期直後や台風時期は、破損が発生している可能性があります。点検回数を減らしても、このような時期は必ず点検を行ってください。

表-3 点検間隔別のネットの破損状況

点検間隔	痕跡（ネット）		
	噛み痕	切断	侵入跡
3ヶ月間放置	有	有	有
約4週間	有	有	無
約3週間	有	有	無
約2週間	有	有	無

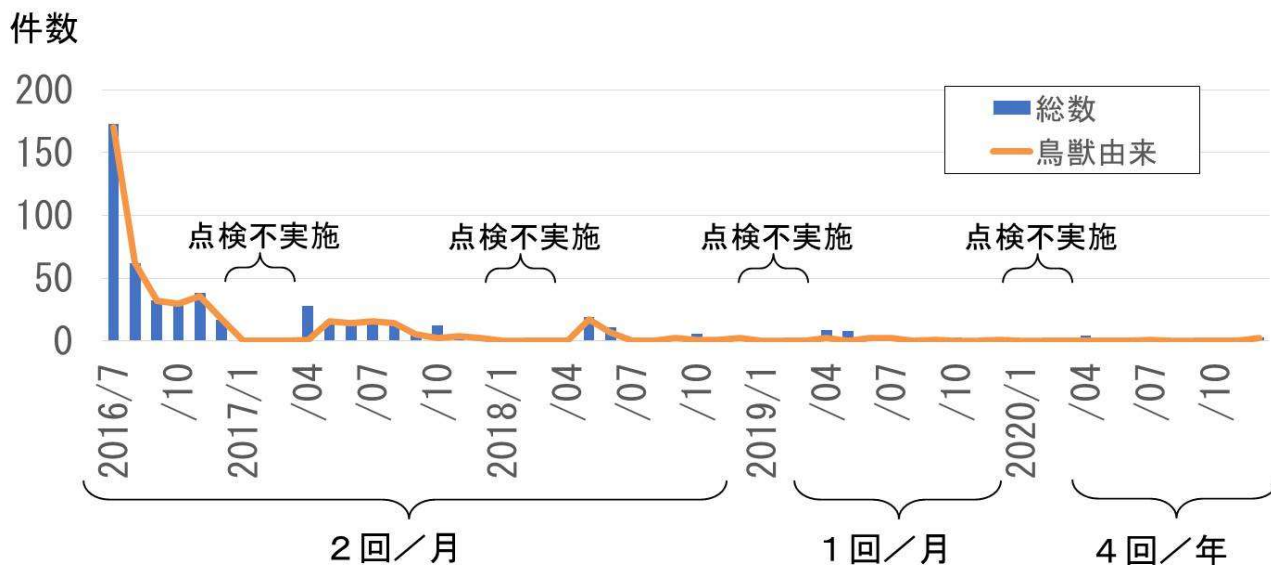


図-8 点検開始後4年間の破損発生件数

なお、侵入防止柵の設置により、獣道を分断している場合があります。そのような場所は、短期間で度々破損が発生する可能性が高いため、全体の破損件数が減少しても侵入されるおそれがあります。設置後の1年程度は、点検開始当初の間隔での点検を維持してください。

イ 点検と修繕

侵入防止柵の点検、及び修繕を実施する上で、重視すべき点は、侵入防止柵の機能維持を図ることと、実施者が安全に点検を行えることです。林内での作業に適した服装で、余裕のある実施計画のもと、作業を行ってください。



安全を考慮して作業してください

(ア) 点検体制

2名以上を1組（推奨）

- ・ 作業者の安全確保
- ・ 見落とし防止
- ・ 簡易修繕資材の保有量の確保

(イ) 携行品

点検資材：図面、筆記用具

- ・ 破損発生履歴の収集
- ・ 簡易修繕では対処できない破損の位置と規模の記録

修繕資材：結束バンド

- ・ ネットの破れ、ロープ補強 等

ロープ（φ 3mm程度、φ 10mm程度）

- ・ φ 3mm 大きい破れの補修、折損したポールの補強 等
- ・ φ 10mm 上下ロープ（張り、抑え）や牽引ロープの修繕、飛び越え防止ロープ 等

アンカー

- ・ 破損、紛失したアンカーの代替

その他：ノコギリ、ナタ、ハサミ、木づち 等

- ・ 点検ルート確保、作業の効率化に必要な用具

（推奨）ファーストエイドキット、トランシーバー

- ・ 緊急時の初期対応
- ・ 複数班で実施する際の連絡手段

(ウ) 点検内容

侵入防止柵に沿って踏査し、シカが柵内に侵入できそうな破損や設置時の瑕疵の有無を点検する。

- ・ 点検対象となる侵入防止柵の破損等の例
 - a 柵の倒伏、支柱の折損
 - b ネットの破れ、ネット間の継ぎ目のほころび
 - c ネットの下垂や、支柱の沈み込みによる高さ不足
 - d アンカーの抜け
 - e その他

ネットの破れ、ポール折損等、破損種別に記録する。破損の種類や発生位置、頻度等を確認することで、重点的な点検が必要な箇所が把握できる。

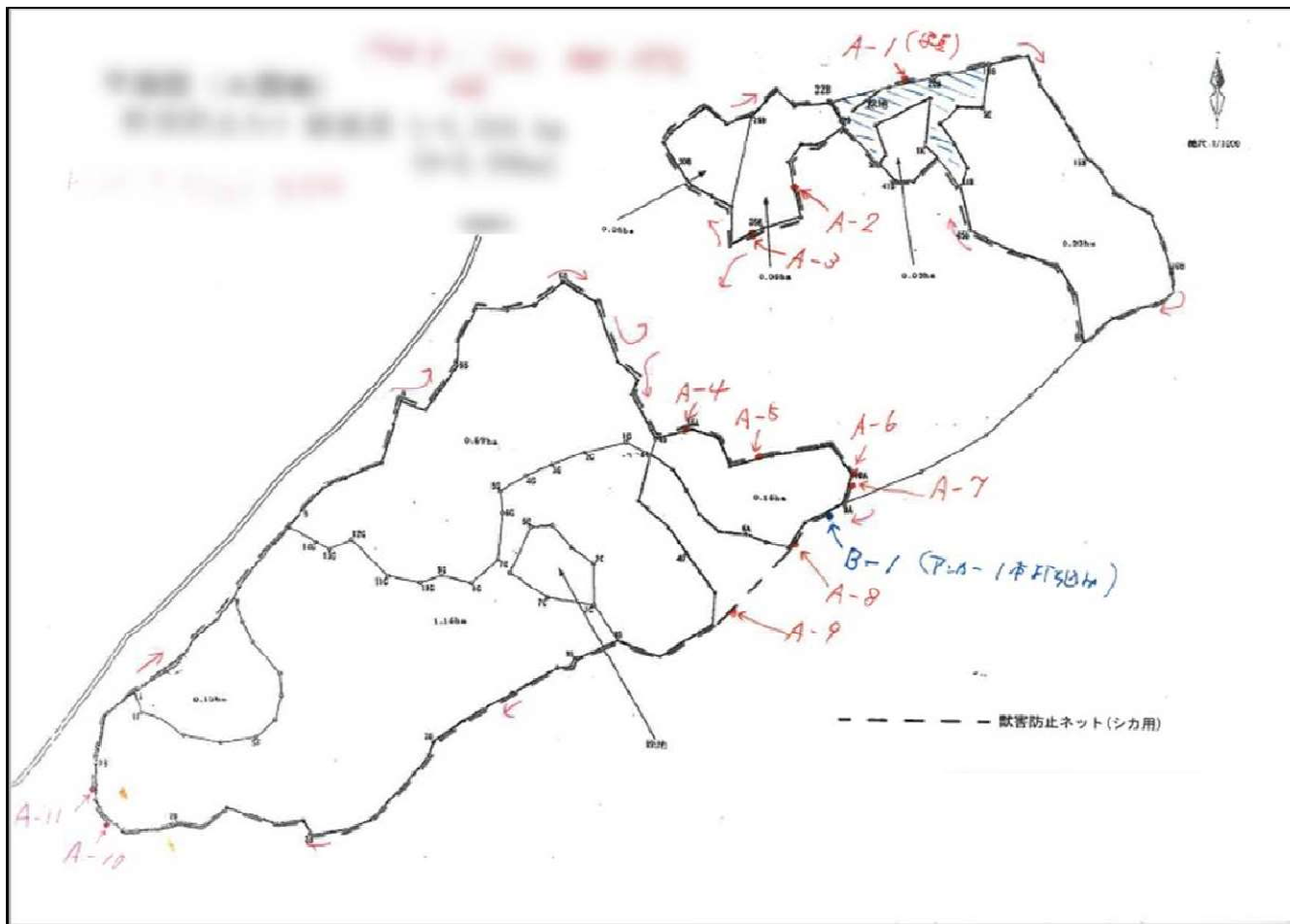


図 - 9 点検記録の記入例

記録内容例

- ・実施日
- ・実施者
- ・実施箇所、規模（柵延長など）
- ・破損箇所及び破損の種類

記入例：ネットの損傷（穴あき等）	A-1, 噛み切り
地際の不具合（アンカー抜け等）	B-1, アンカー
ポールの損傷（折損等）	C-1, 折れ など

- ※鳥獣由来、自然災害由来、人的行為由来が分かるようにする。
- ※雪倒れ等区間全体が損傷した場合は規模（延長等）を記入
- ※資材等の追加が必要な場合は記入（ネット○m、支柱△本等）

その他、特記事項があれば必要に応じて記入することで、点検者が変更した場合に引き継ぐことができる。

(エ) 簡易補修の方法

点検中に修復可能な破損はその場で修復する。土砂崩れ等、大規模な修繕が必要な破損は、後日まとめて実施する。

a 柵の倒伏、支柱の折損

- ・倒木落枝によりネットが下がっている場合は、ノコギリやナタで干渉部分を除去する。
- ・支柱が倒伏した場合は、牽引ロープで原状回復する。
- ・支柱が折損した場合は、周辺の灌木や枝などを添え木として、ロープ等で固定する。

○ 倒木・落枝の処理

修繕前



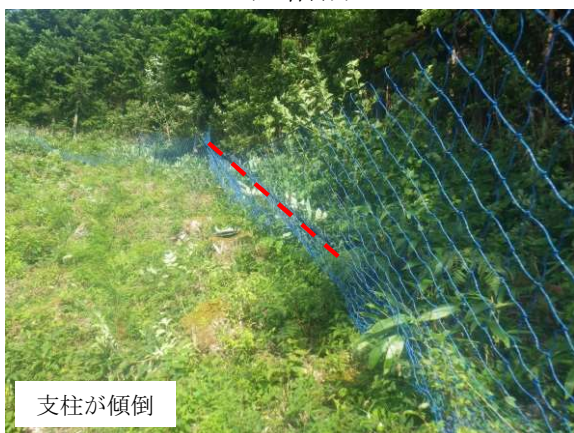
修繕後



- ・支柱の折損、張りロープの切断、ネットの破れ等が無い場合は、柵体に干渉している部分のみを切除。

○ 支柱の倒伏

修繕前



修繕後



- ・支柱の頂端部分に牽引ロープをかけ、引き起こす。



○ 支柱の折損

修繕前



修繕後



- ・折損箇所にあて木をし、ロープや結束バンドで固定することで応急処置可能。
- ・折損部が2つに分裂している場合は、枝などを接合部材として使用し、接合した上であて木をして固定。

※あて木や接合部材などに枝など木材を使用した場合は、腐朽等の劣化が考えられるので、後日修繕することを推奨する。なお、取り替えた支柱は、以後の補修資材として現地で保管。

b ネットの破れ、ネット間の継ぎ目のほころび

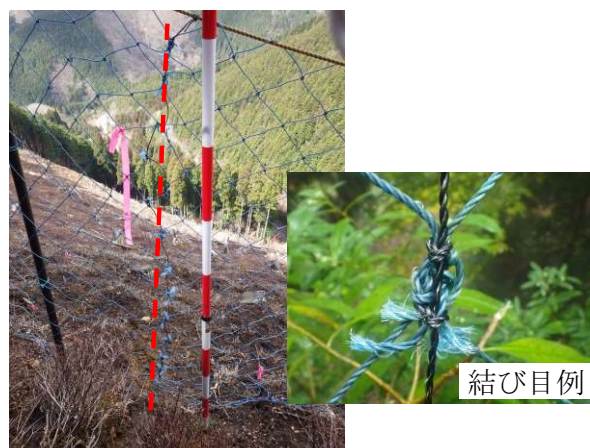
- ・編み目の破れは、結束バンドで塞ぐ。穴が大きい場合は、結束バンドを数本使うか、ロープで縫い合わせる。
- ・ネット間の継ぎ目のほころびは、ロープで縫い合わせる、若しくは結束バンドで一目毎に固定する。

○ 継ぎ目ほころび

修繕前



修繕後



- ・継ぎ目のずれを防止するため、編み目の交差部分を挟み込むようにロープで固定する。

○ ネットの破れ（結束バンド）

修繕前



修繕後



- 破れた箇所を結束バンドで引き寄せて穴を塞ぐ。このとき、結束バンドがずれても元の編み目より大きな穴にならないように注意する。

○ ネットの破れ（結ぶ）

修繕前



修繕後

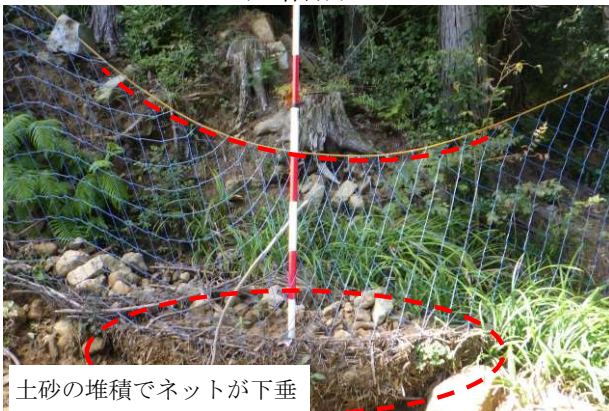


- 結束バンドやロープがない場合は、破れた箇所を結び合わせて穴を塞ぐ。
- 侵入防止柵で使用されるネットは、ポリプロピレンなど耐水性に優れた化学繊維であるが、滑りやすいため時間の経過とともに解れる。あくまで緊急措置として扱い、樹木テープ等で印を付けて、次回点検時に結束バンド等で修繕を行う。

- c ネットの下垂や、支柱の沈下による高さ不足
 - ・張りロープを支柱に巻き取り、下垂を解消する。
 - ・飛び越え防止ロープを張る。
 - ・支柱が沈下している場合、周辺の灌木等で支柱を継ぎ足し、飛び越え防止ロープを設置する。
 - ・支柱の沈下の程度が激しい場合は、資材を手配して早急に修繕する。

○ 飛び越え防止ロープの設置

修繕前



修繕後

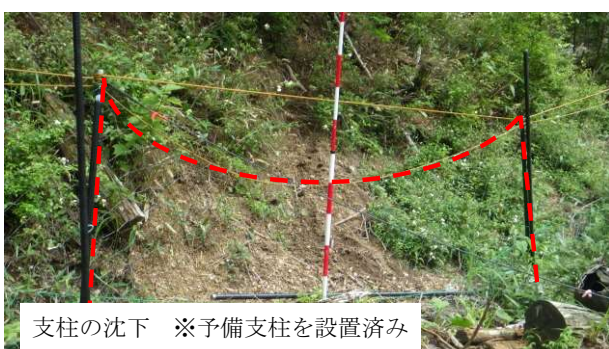


- ・土砂や落葉などの堆積等でネットが下垂したときは、飛び越え防止ロープを設置し、柵高を確保する。
- ・柵高は設置当初の高さを目安とする。
- ・下垂が大きい場合は複数本設置するが、ロープの間隔は20cmを超えないこととし、ロープや結束バンドで間隔を保持する。
- ・経年変化によりネットが下垂した場合は、上部ガイドロープを支柱に巻き付けて解消する。このとき、ネットは巻き込まないように注意する。



○ 支柱の継ぎ足し、飛び越え防止ロープの設置

修繕前



修繕後



- ・支柱が沈下したときは、必要な高さまで支柱を継ぎ足し、飛び越え防止ロープを設置する。
- ※写真は予備支柱を設置し、飛び越え防止ロープを設置するとともに張りロープを支柱に巻き付けることでネットの引き上げを行っている。

d アンカーの抜け

- ・打ち込み直す。
- ・土壌が軟弱で固定できない場合は、打ち込み位置をずらすかアンカーの本数を増やす。

○ 消失したアンカーの追加設置

修繕前



修繕後



- ・侵入防止柵は、ネットにある程度のゆとりを持たせて設置するが、緊張させた状態で設置した場合、アンカーが抜けてしまうことがある。そのような場合はネットの張りを少し緩め、余裕を持たせてから改めてアンカーで固定する。
- ・アンカーが不足した場合は、一時的に周辺木の枝を代用し、次回点検時に改めて修繕する。



e その他

- ・上下のロープ（張り、抑え）等が切断した場合はロープをくくり直す。
- ・気象災害や鳥獣の絡まりなど、その他の原因で破損した場合も現状回復を図るが、困難な場合は可能な限り応急処置し、資材を手配して早急に修繕を行う。

○ 抑えロープの補修

修繕前



修繕後



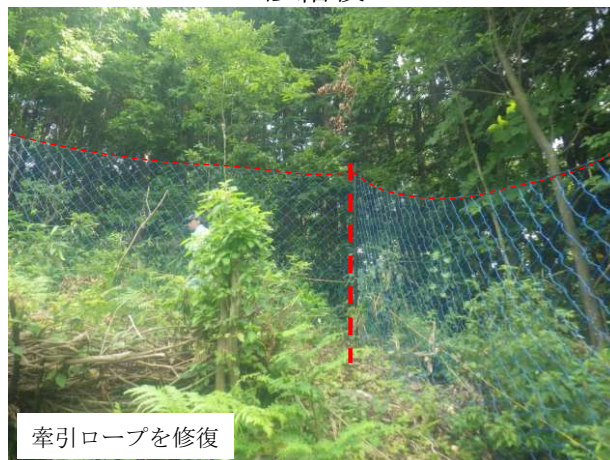
- ・抑えロープが切断されると、ネットから抜けていることがあるため、ロープを編み目に通し直してからつなぎ合わせる。

○ 牽引ロープの補修

修繕前



修繕後



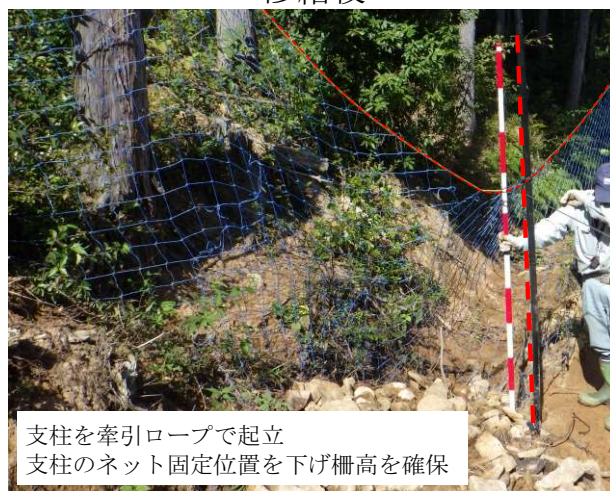
- ・支柱を垂直に保つために設置されている牽引ロープが切断されると、柵体が維持できなくなるので、速やかに補修する。
- ・柵体の角にあたる箇所は、内向きに強い引っ張り荷重がかかるので、可能であれば立木をアンカーとすることが望ましい。

○ 気象災害（土砂流出）現場における補修例

修繕前



修繕後



- ・流出した土砂により、支柱が倒伏し、ネットが埋没した現場では、応急処置が困難な場合が多いが、地上部分のネットがある程度確保できる場合は応急処置が可能である。
 - (a) ネットの地上部分を可能な限り確保する。
 - (b) 倒伏した支柱を起立させる。
(芯の鋼材が折れていても樹脂部が繋がっていれば使用可能)
 - (c) 張りロープを緩め、ネットが突っ張らない高さで固定する。
 - (d) 牽引ロープを設置し、支柱が倒れないように牽引する。
 - (e) 高さが十分でない場合は、飛び越え防止ロープを設置する。

○ 気象災害（流水、流木）現場における補修例

修繕前



修繕後



- ・大量の雨水により流された、除伐木や採材後に段積みされた林地残材により倒伏した侵入防止柵は、柵上に多くの流出物が堆積し、応急処置が困難な場合が多い。一方、流された木は腐朽が進行しているものも多く、流出物が比較的少ない場合は応急処置が可能である。

(a) 柵体上の流出物を除去する。長いものはノコギリ等で支障部分を除去する。流出物の移動が困難な場合は、該当箇所のネットを切って柵体を起こせるようにする。

除去した支障部分は、柵の外側に置くと、後の下刈り作業の支障とならず、かつシカが柵に近づく際の障害となる。

(b) 倒伏した支柱を立てる。

（芯の鋼材が折れていても樹脂部が繋がっていれば使用可能）

(c) 牽引ロープを設置し、支柱が倒れないように牽引する。

(d) ネットの破損を補修する。

○ 気象災害（土壌の消失）現場における補修例

修繕前



修繕後



気象災害（土壌の消失）現場における補修例

- ・大量の雨水により土砂が流出し、土壌がなくなった箇所では資材も流され、すぐには復旧できない。被害が甚大な箇所では支柱ごと損傷を受けて応急処置が不可能であるが、比較的被害が軽微な箇所であれば、林地残材など林内で入手可能な資材を利用し、侵入防止柵の機能回復を図ることができる。

3 UAVを使った侵入防止柵の点検

踏査は、侵入防止柵の破損を確認し、維持するための最も確実な手法です。一方、調査に長時間を要し、また、労務的にも厳しい条件が強られるため、全ての現場で実施することは難しい場合があります。そのため、労務を省力化する方法のひとつとしてUAV（Unmanned Aerial Vehicle：無人航空機）の活用方法を検討しました。

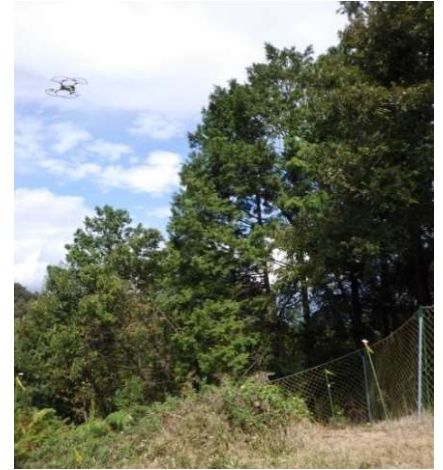


図 - 10 UAVによる点検

UAVで侵入防止柵を定期的に点検するためには、起伏に富んだ地形に沿って、周辺林や対象地内の残存木より低い高度での飛行が必要です。このような飛行には熟練した技術が必要ですが、特定のオペレーターに労務が集中しないために、自動飛行のためのミッション作成方法を検討しましたので、作成手順を紹介します。

(1) UAVによる点検の利点と注意点

ア 利点

・ 作業者の労力の軽減

身体的疲労に加え、急傾斜や軟弱地盤を有する箇所における滑落の危険等に対する精神的疲労の軽減が見込める。

・ 作業時間の短縮

UAVの自動飛行の検討を行った現場では、駐車位置から点検箇所までの移動時間を含まない点検のみに掛かった時間の比較として、踏査の約半分の時間で点検可能である。

・ 修繕作業の集約化

事前に破損箇所及び資材の必要量が把握できるため、修繕作業の効率化が図れる。

・ 労務の分散化（自動飛行による利点）

林地の調査を手動操縦で行う場合、熟練した技術が必要であるが、自動飛行ルートを作成することで、より多くのオペレーターによる実施が可能。

イ 注意点

・ 即時補修ができない

軽微な補修でも即時対応ができない。

・ 軽微な破損の発見が困難

シカが侵入できるような比較的大きい破損は発見できるが、小さい破損や、地際や枝葉にかくれた破損などは発見できない場合がある。侵入を未然に防ぐために年に数回の踏査を実施することを推奨する。

・ 機体及び使用者の登録

航空法の改正（R3. 11. 25公布）により無人航空機の登録が義務化された。

(2) 使用するソフトウェア

本冊子で紹介する方法は、手動飛行で得られた記録を基にミッションを作成する方法です。そのためには、UAVに記録されたデータを抽出、解析、編集、ミッション化するそれぞれのソフトウェアが必要です。

今回は下記のソフトウェアを使用しましたが、同様の機能を有するものは他にもありますので、使いやすいソフトウェアを使用してください。

作業行程と使用したソフトウェア

- ・フライトログの作成 (手動操縦)
: DJI GO 4 (DJI)
- ・フライトログの抽出
: iTunes (Apple)
- ・フライトログの解析
: DJI Flight Log Viewer (PhantomHelp)
(オンラインサービス)
※同サービスの製品版として「Flight Reader」がある。
- ・編集
: QGIS (QGIS Development Team)
Microsoft Excel (Microsoft)
- ・ミッション化 (自動飛行)
: DJI GS PRO (DJI)

(参考)

- ・使用したUAV
 - 本体 : MAVIC 2 ZOOM (DJI)
 - 操作モニター : iPad mini (Apple)
- ・各ソフトウェアの使用環境
 - パソコン : iTunes、DJI Flight Log Viewer、QGIS、Microsoft Excel
 - iPAD mini : DJI GO 4、DJI GS PRO

(3) ミッション作成手順

ア 手動飛行によるフライトログ作成

(使用ソフトウェア：DJI GO 4)

侵入防止柵の点検を手動で行う。カメラを侵入防止柵側に向けるため操作モニターの横方向に飛行する形になるので十分に注意して操縦する。補助員の配置を推奨する。

飛行位置は、単焦点レンズ(24mm)搭載のUAVでは、侵入防止柵との距離が10m以内、俯角45°以内で点検しやすい映像が撮影できる。また、柵に垂直よりも少し前方又は後方に向いた方が編み目が見えやすい。立木等の障害物がある場合は、ズームレンズ搭載のUAVの使用を推奨する。

参考例：DJI MAVIC 2 ZOOM 静止画 24～48mm (光学2倍)

動画 24～96mm (光学2倍×デジタル2倍)

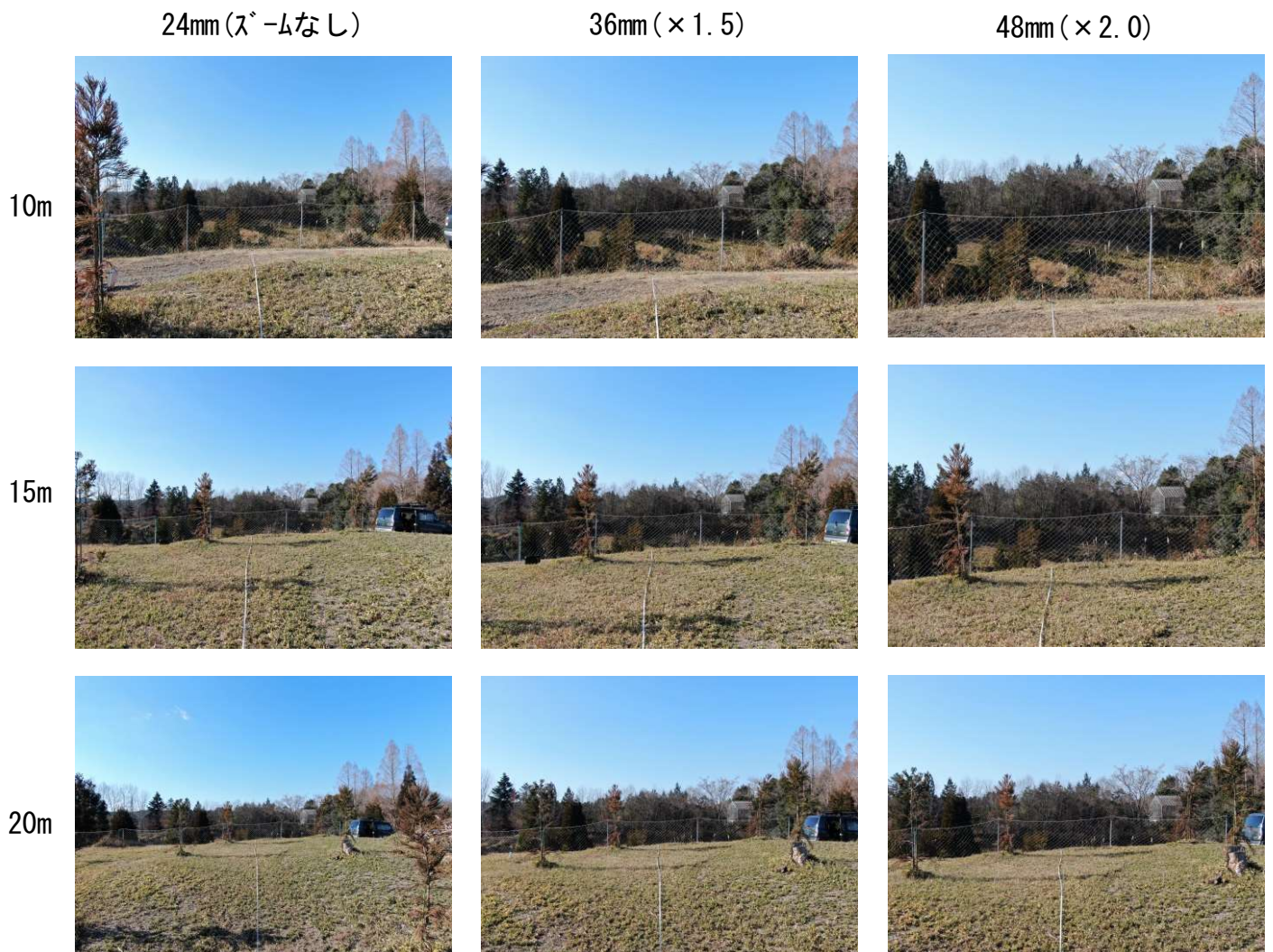


図 - 11 被写体からの距離による見え方の比較 (被写体と水平)

俯角0°

俯角30°

俯角45°

24mm
ズーム
なし



48mm
(×2.0)



図 - 12 被写体からの高さによる見え方の比較 (被写体との距離 5 m)

垂直



30°



45°



60°



図 - 13 撮影角度による見え方の比較 (ズームなし、被写体との距離 5 m)

参考(動画からのスクリーンショット)

距離10m、俯角30°、撮影角度30°

24mm
ズーム
なし



96mm
光学
×2.0
デジタル
×2.0



手動操縦による点検の留意点

(ア) 原則、侵入防止柵を点検しやすい位置で撮影する

- ・良好な画像を取得するために、できるだけカメラ操作が必要ないようにする必要がある。侵入防止柵が点検しやすい位置をキープする。
- ・本冊子では、距離5～10m、俯角約30°（撮影角30°、速度5 m/s以下での点検を想定）を目安としているが、各現場、点検者において最も侵入防止柵が視認しやすい条件を検討。
- ・進行方向が変化する場所では、柵からの距離が維持しにくいので注意する。

(イ) 障害物（立木等）は余裕をもって回避する

- ・立木は風や雨、雪の影響で揺れたり枝が垂れる場合がある。また、成長により枝が長くなる。形状の変化に対応できるよう十分な間隔を取って回避する。
- ・柵内の草木は成長するため、後に、点検の支障となることを見越して飛行高度を下げすぎない（本冊子目安：柵高+5m程度）。
- ・立木が列状に残存していたり、立木の上に点検可能な場所がある場合は高さ方向に回避することも検討する。
- ・障害物を回避する箇所は、柵から離れるので回避の前後にその場で旋回するなど十分に時間を取って点検する。

(ウ) 侵入防止柵が鋭角に折れている箇所は点検に時間をかける

- ・自動飛行では、ウェイポイント毎に機首方向の設定を行う。その際、比較的速い速度で機首方向が転回されるため、その間の編み目の視認は困難になる。そのため、転回角が大きい箇所ではウェイポイントを多く設置する必要がある。

(エ) GNSSが十分に受信できるルートを選択する

- ・立木間が広い場合、枝下の飛行は可能であるが、自機の位置が正確に把握（記録）できない場合がある。自動飛行の大きな障害となるため、木の下や立木密度の高い箇所を避け、測位情報が十分に取得できるルートを選択する。

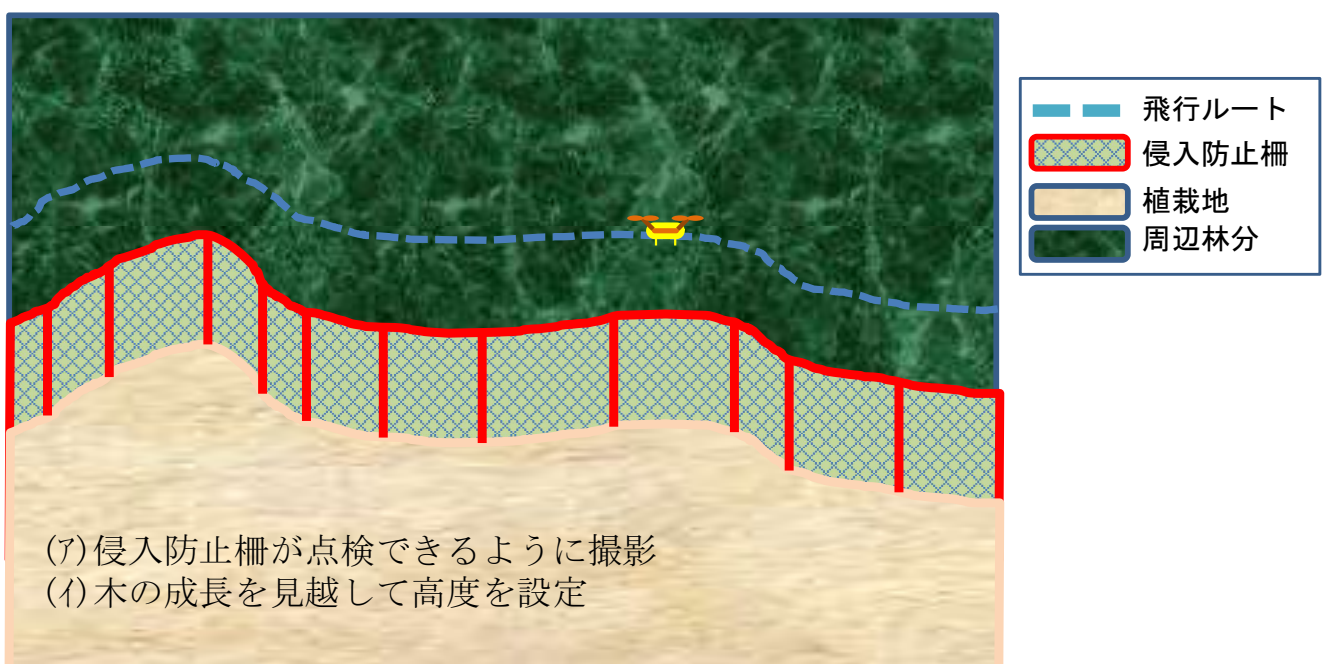
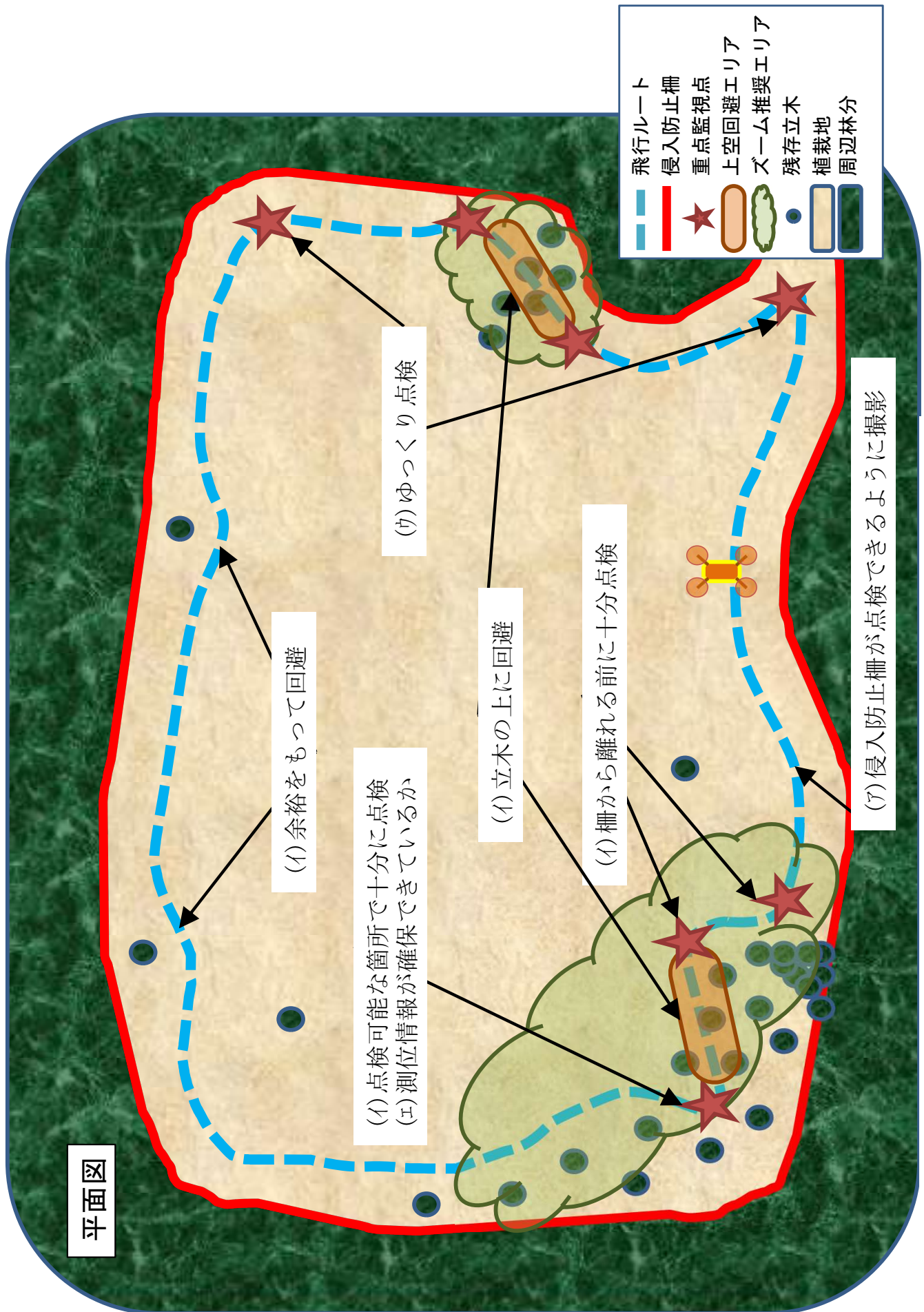


図 - 14 UAVによる点検のための飛行ルートのイメージ（断面図）

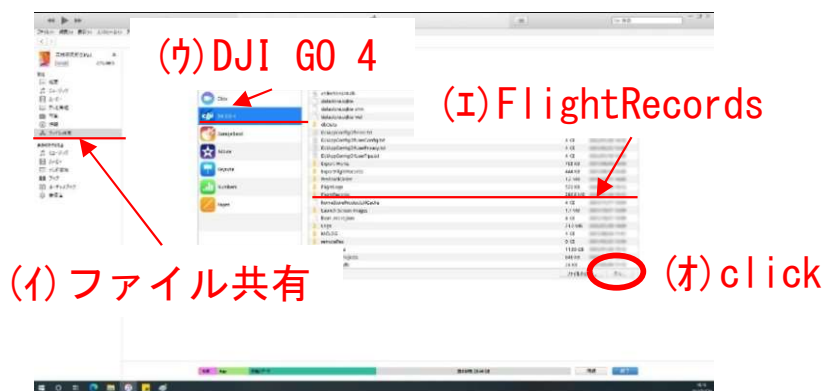


※ズーム推奨エリアは単焦点レンズでは十分な点検が困難である可能性あり

図 - 15 UAVによる点検のための飛行ルートイメージ (平面図)

イ フライトログの抽出 (使用ソフトウェア：iTunes)

飛行ルートを手動操縦により確認できたら、iPad miniをパソコンに接続し、フライトログを抽出する。



- (ア) iTunes画面のタブレットマークをクリック。
- (イ) “ファイル共有” をクリック。
- (ウ) “DJI GO 4” を選択。
- (エ) “FlightRecords” を選択。
- (オ) “保存” をクリックし、任意の場所に保存



図 - 16 本体から抽出したフライトログ (txtファイル)
※暗号化されており判読不能

ウ フライトログの解析 (使用ソフトウェア： DJI Flight Log Viewer)

暗号化されたフライトログを解読する。なお、今回使用したソフトウェア以外にも同様の機能を持つ製品がある。

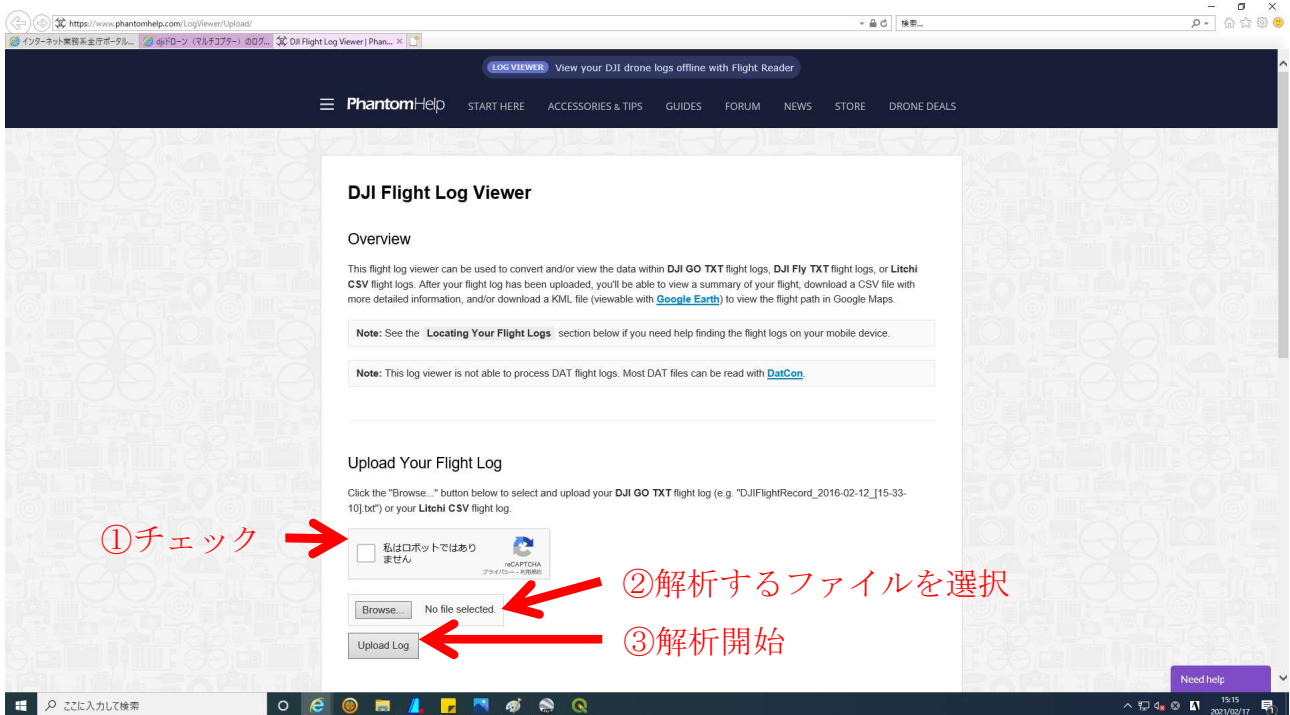


図 - 17 DJI Flight Log Viewer画面

「Upload Log」をクリックすると（図-17）、ファイルが解析され、csvファイルで返される（図-18）。

解読されたフライトログには、ミッション作成に必要な機体位置、飛行高度、機首方向を含む、種々の情報が記載されている。

Id	Time(sec:Time:text)	Latitude	Longitude	FlightMod	Altitude(m)	VpsAltHuc	VpsAltHuc	Speed(m/s)	Speed	HomeDist	HomeLat	HomeLon	GpsCount	GpsLevel	BatteryPoc	BatteryVol	BatteryCel	BatteryCel						
1	0.9 0m 0.9s	35.17235	134.217	Starting M	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
2	1.0 0m 1s	35.17235	134.217	Starting M	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
3	1.1 0m 1.1s	35.17235	134.217	Starting M	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
4	1.2 0m 1.2s	35.17235	134.217	Starting M	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	7	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
5	1.3 0m 1.3s	35.17235	134.217	Starting M	0	0	0.3	0.1	0	0	1.7	0.5	35.17234	134.217	7	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
6	1.4 0m 1.4s	35.17235	134.217	Starting M	0	0	0.3	0.1	0	0	1.7	0.5	35.17234	134.217	7	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
7	1.5 0m 1.5s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.7	0.5	35.17234	134.217	7	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
8	1.6 0m 1.6s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
9	1.7 0m 1.7s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
10	1.8 0m 1.8s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.8	0.5	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
11	1.9 0m 1.9s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.9	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
12	2.0 0m 2s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.9	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
13	2.1 0m 2.1s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	1.9	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
14	2.2 0m 2.2s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0	0	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195		
15	2.3 0m 2.3s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0.2	0.1	0	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195	
16	2.4 0m 2.4s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0.4	0.2	0	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195	
17	2.5 0m 2.5s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.3	0.1	0.4	0.2	0	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195	
18	2.6 0m 2.6s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.7	0.2	0.4	0.2	1.1	0.5	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195
19	2.7 0m 2.7s	35.17235	134.217	Auto Take	0	0	0.7	0.2	0.5	0.2	1.1	0.5	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195
20	2.8 0m 2.8s	35.17235	134.217	Auto Take	0.3	0.1	1	0.3	0.7	0.3	1.1	0.5	2	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.778	0.017	4.203	4.194	4.195
21	2.9 0m 2.9s	35.17235	134.217	Auto Take	0.3	0.1	1	0.3	0.5	0.2	0	2	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145	
22	3.0 0m 3s	35.17235	134.217	Auto Take	0.7	0.2	1.3	0.4	0.3	0.1	0	2	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145	
23	3.1 0m 3.1s	35.17235	134.217	Auto Take	0.7	0.2	1.6	0.5	0.2	0.1	1.5	0.7	2	0.6	35.17234	134.217	8	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145
24	3.2 0m 3.2s	35.17235	134.217	Auto Take	1	0.3	2	0.6	0.2	0.1	0	2	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145	
25	3.3 0m 3.3s	35.17235	134.217	Auto Take	1	0.3	2.3	0.7	0.2	0.1	1.1	0.5	2.1	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145
26	3.4 0m 3.4s	35.17235	134.217	Auto Take	1.3	0.4	2.6	0.8	0.2	0.1	1.8	0.8	2.1	0.6	35.17234	134.217	9	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145
27	3.5 0m 3.5s	35.17235	134.217	Auto Take	1.3	0.4	3	0.9	0.2	0.1	2.6	1.2	2.2	0.7	35.17234	134.217	9	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145
28	3.6 0m 3.6s	35.17235	134.217	Auto Take	1.6	0.5	3.3	1	0.2	0.1	3.7	1.6	2.5	0.8	35.17234	134.217	9	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145
29	3.7 0m 3.7s	35.17234	134.217	Auto Take	1.6	0.5	3.6	1.1	0.2	0.1	4.5	2	2.9	0.9	35.17234	134.217	9	1	99	16.501	0.053	4.092	4.135	4.145

図 - 18 解析されたフライトログ (csvファイル)

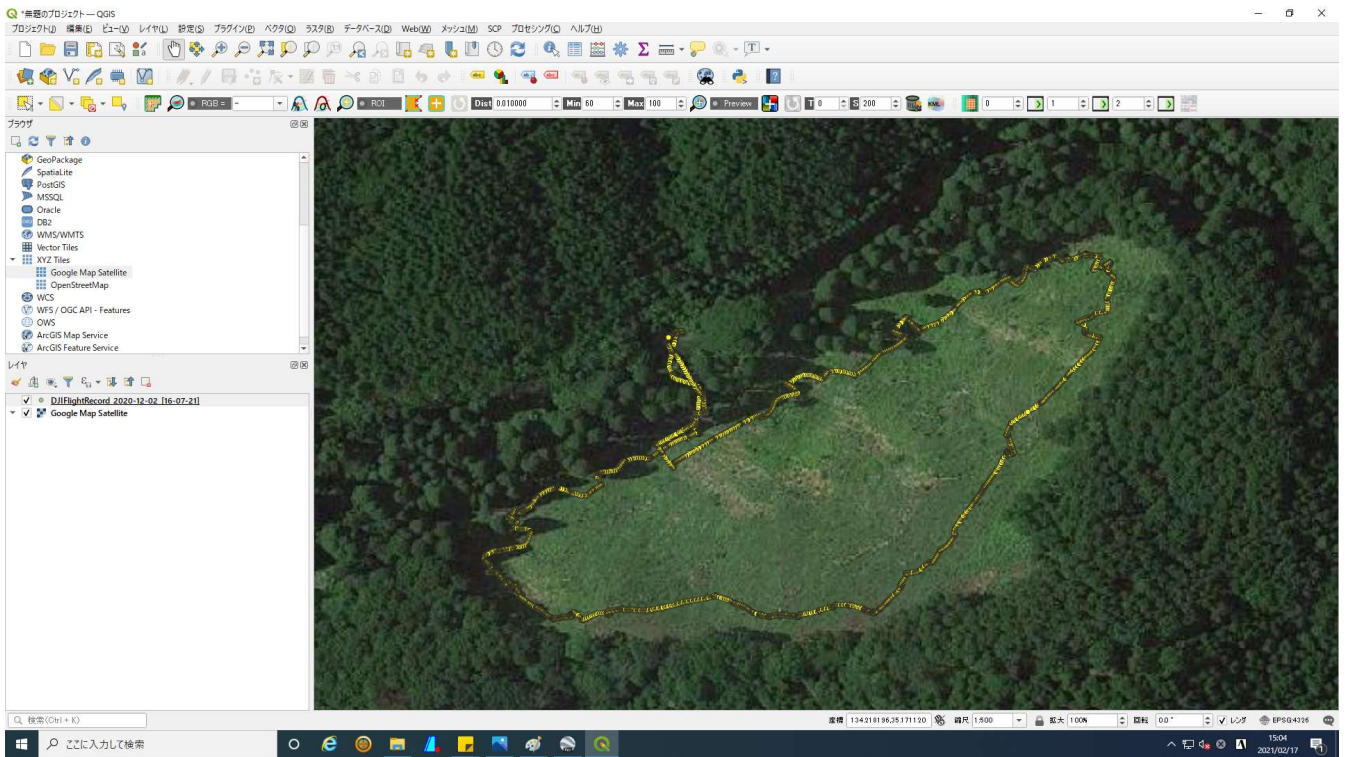


図 - 19 解析されたフライトログ (csvファイルをQGISで表示)

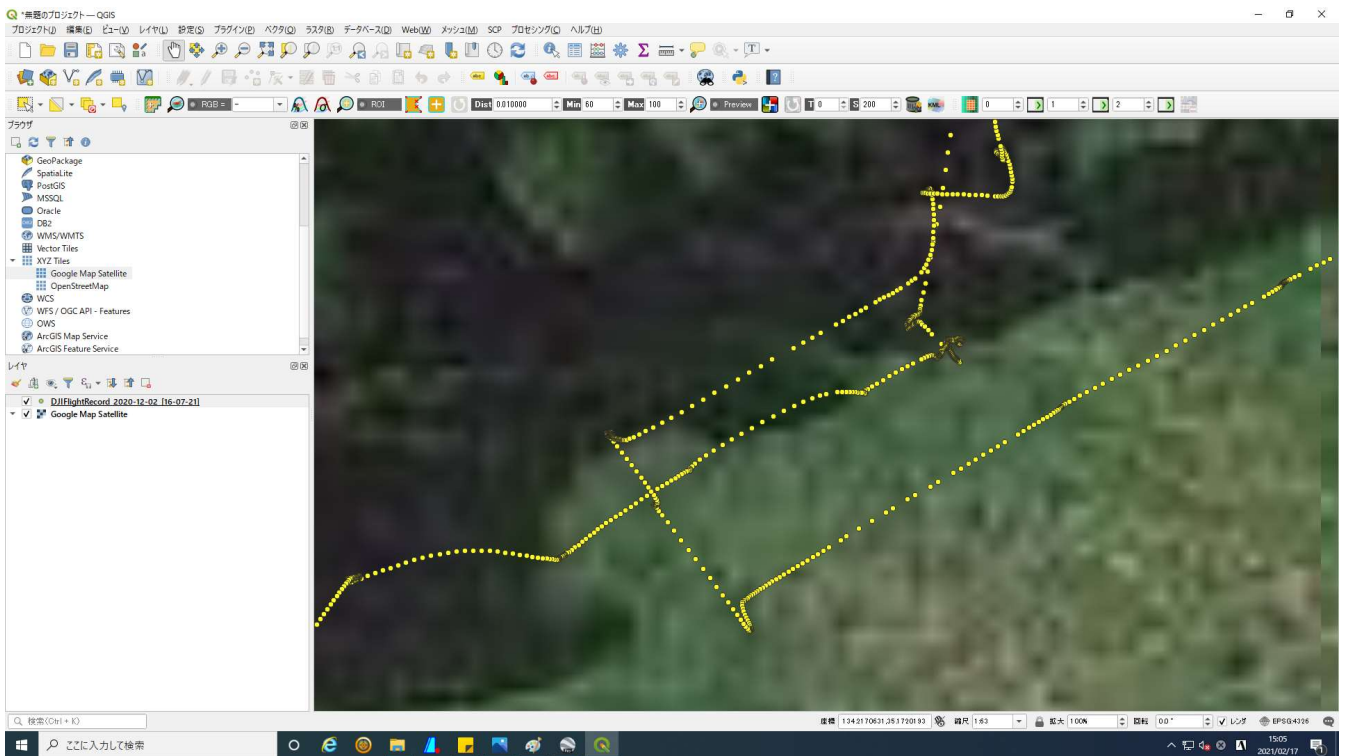


図 - 20 解析されたフライトログ (上図を拡大: 解析された全てのポイントを表示)

エ フライトログの編集

(使用ソフトウェア： QGIS、Microsoft Excel)

解読したフライトログを基に、進行方向、飛行高度および機首方向が変わる点を抜き出し、飛行ルートを作成する。

ミッションに使用するポイント数が少ない方が調整が容易になり、飛行時間も短縮される。 QGISで、必要なポイントを確認しながらMicrosoft Excelで不要なポイントを削除する。なお、今回、ミッション化に使用したDJI GS PROでは、1つのミッションで100ポイントまで登録できる。100ポイントを超えると、自動的にミッションが分割される。

Id	緯度	経度	Home_point からの高度		機体の方向 (撮影方向)	
	Latitude	Longitude	Altitude(feet)	Altitude(m)	Yaw	Yaw(360)
795	35.17206	134.2171	58.7	17.9	-32.5	327.5
879	35.17199	134.217	58.7	17.9	-32.2	327.8
932	35.17198	134.2169	57.7	17.6	-32.1	327.9
1040	35.17195	134.2168	44	13.4	-67.4	292.6
1060	35.17194	134.2168	44.3	13.5	-67	293
1160	35.17191	134.2168	44.3	13.5	-66.4	293.6
1194	35.17189	134.2168	47.6	14.5	-58	302
1207	35.17188	134.2168	47.2	14.4	-58.1	301.9
1224	35.17189	134.2167	47.6	14.5	-57.6	302.4
1265	35.17191	134.2167	33.1	10.1	-58.3	301.7
1494	35.17187	134.2166	25.9	7.9	-64.1	295.9

図 - 21 ミッション作成に使用する項目

(注意) これ以外にも多くのデータが含まれるが削除しないこと

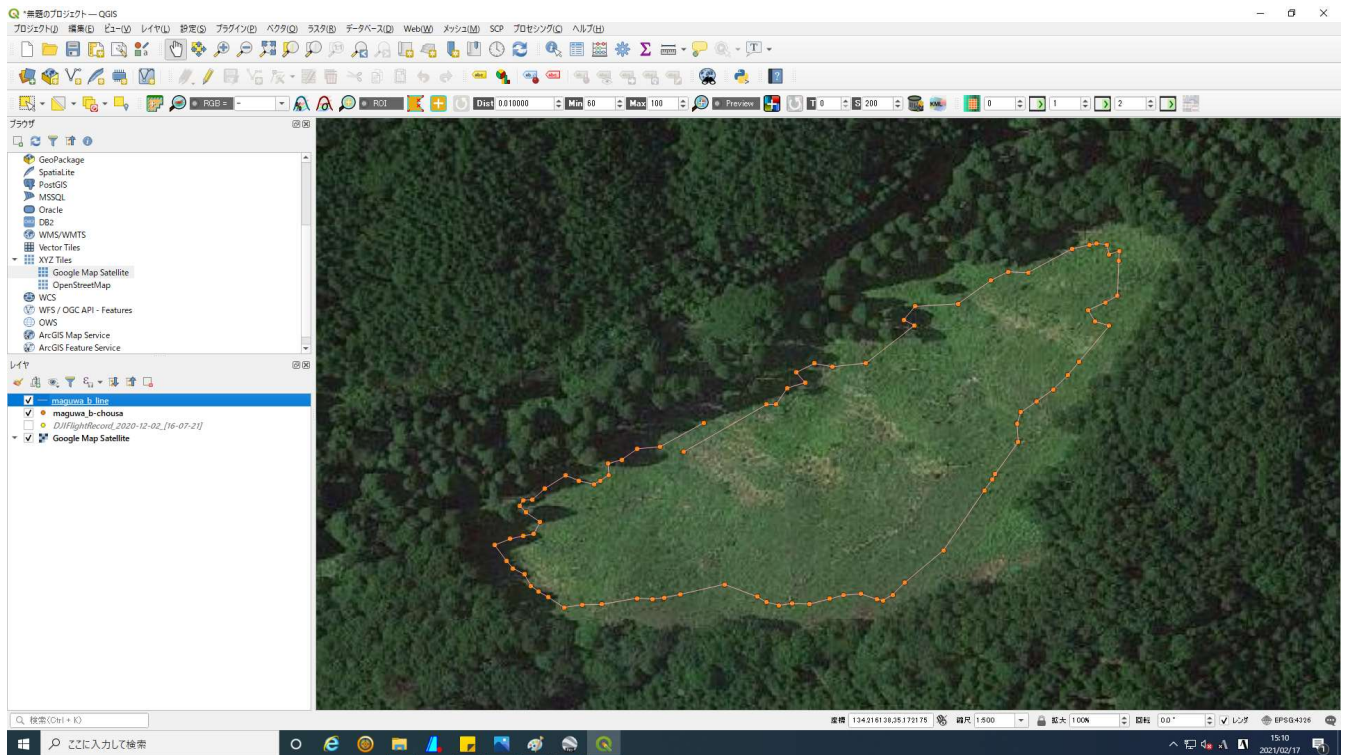


図 - 22 作成したミッション (csvファイルをQGISで表示)

編集したデータをk1mファイルで保存する。

DJI GS PROにインポート可能なファイルは、k1mファイル及びshpファイルであるが、shpファイルではミッション作成の素材として使用できないウェイポイントとして認識される。

オ ミッション作成

(使用ソフトウェア : DJI GS PRO)

DJI GO PROの有料機能 (試行版あり) である「KML/SHPファイルインポート機能」を使ってファイルをインポートし、各ポイントの機首方向 (撮影方向) を調整する。

ミッション作成手順は、以下の通り。

- (ア) 作成したフライトログファイルを、DJI GS PRO にインポートする。
- (イ) インポートしたデータからマップを生成する。
- (ウ) 生成したマップを調整してミッションを作成する。

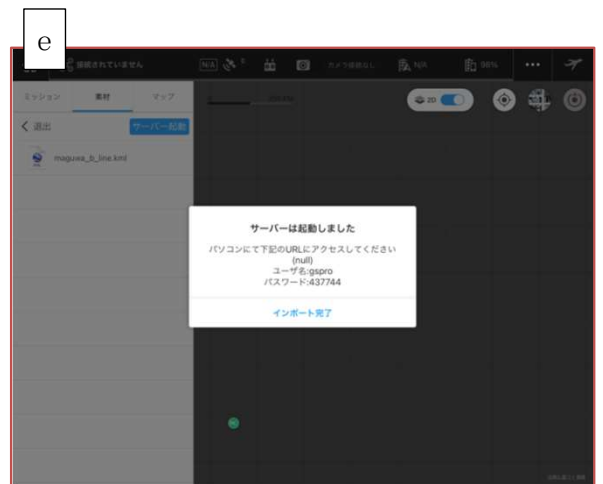
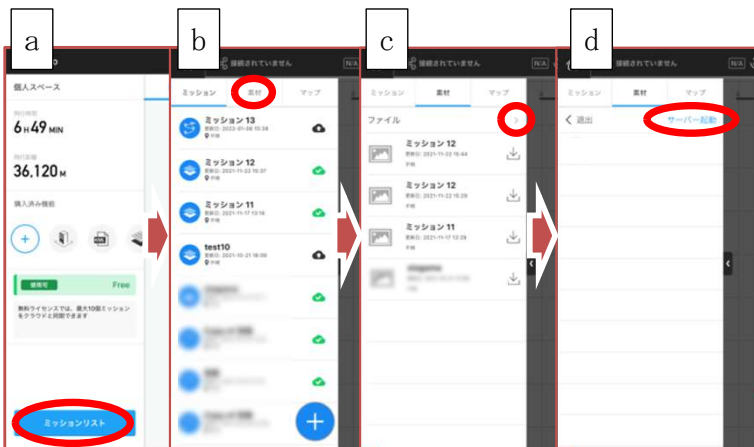
注意事項

- ファイルをインポートする際は、iPad miniとPCが同じLANに接続されていることが必要。
- 「KML/SHPファイルインポート機能」を購入しなくても、ファイルをインポートすることは可能。
ただし、プレインストールされている試行版ではマップの生成は5回まで。
- KML/SHPファイルインポート機能でマップが生成できるファイルは、klmファイル、shpファイルである。
ただし、shpファイルは各ポイントが独立しており、ラインとして利用するためにはklmファイルとする必要がある。

(ア) 作成したフライトログファイルのインポート
iPad mini及びPCを同じLANに接続し、作業を行う。

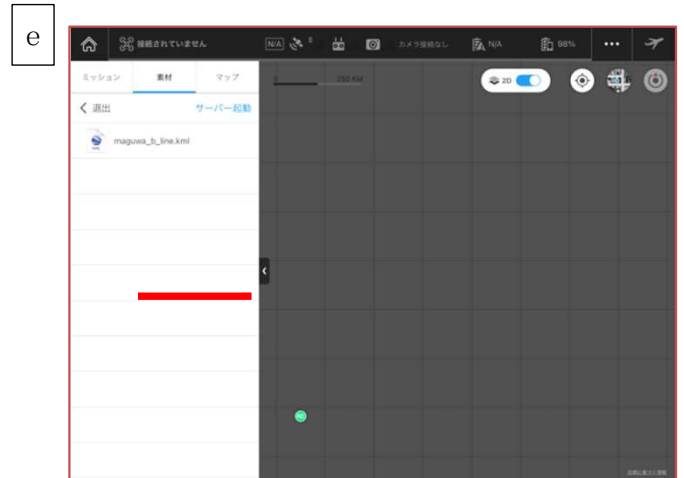
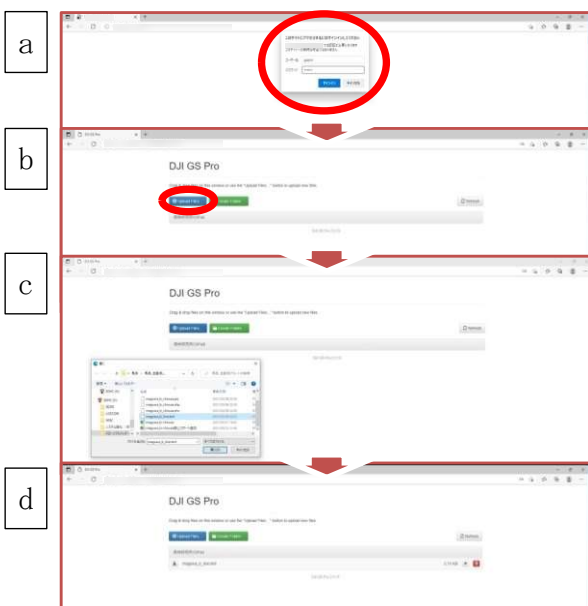
○ iPad mini (DJI GS PRO) の操作

- a GS PROを起動し、“ミッションリスト”をタップ。
- b “素材” タグを開く。
- c “ファイル” の、“)”をタップ。
- d “サーバー起動”をタップ。
- e URL、ユーザー名、パスワードが表示。



○ PCの操作

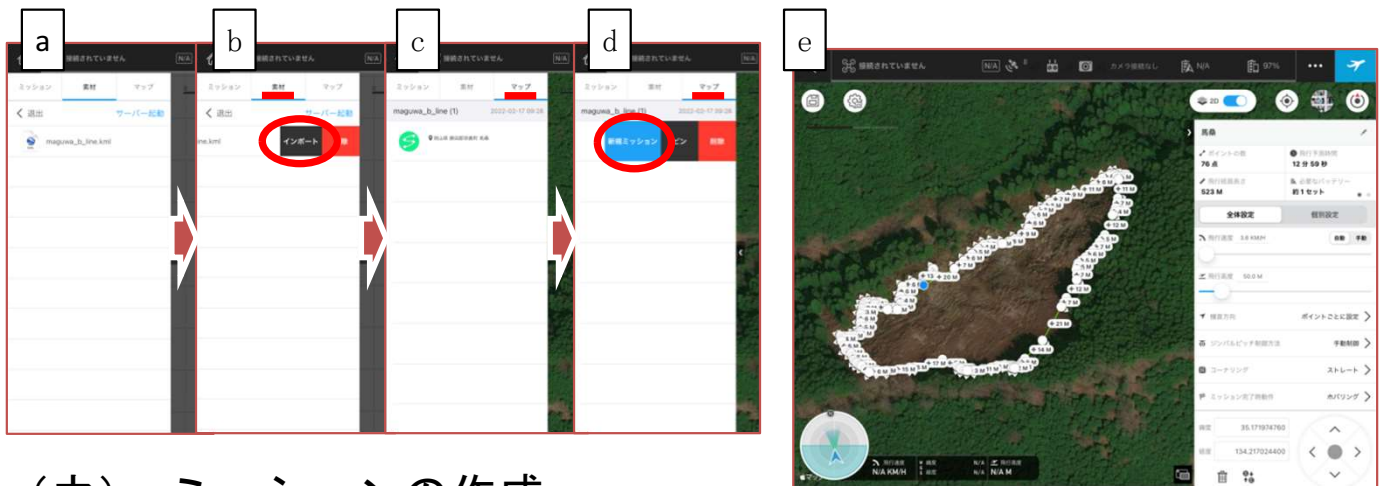
- a 「iPad mini (DJI GS PRO) の操作e」のiPad miniのURLを開き、ユーザー名、パスワードを入力。
- b “Upload File..” をクリック。
- c 任意のファイルを選択。
- d 選択完了。
- e iPad mini にインポート完了。



(イ) マップの生成

DJI GS PROにインポートしたファイルを基にマップを生成する。

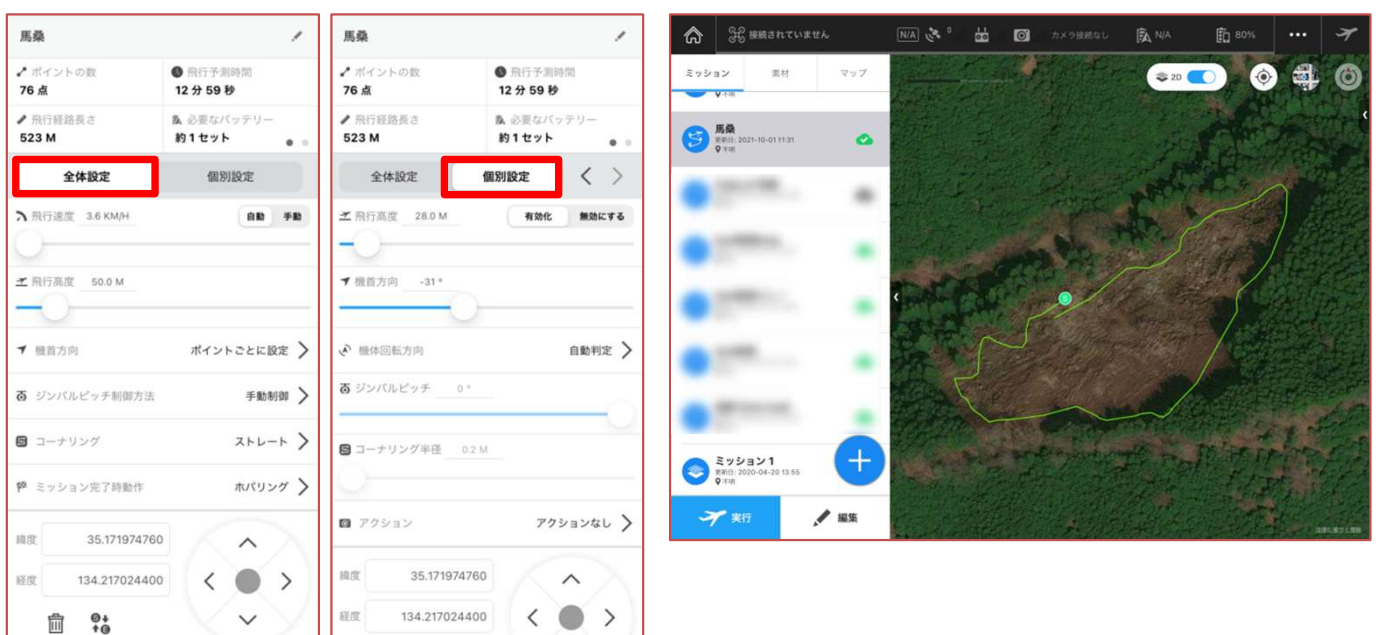
- “素材” タグ内の任意のファイルを左にスワイプ。
- “インポート” をタップ。
- “マップ” タグに新規のマップが生成。
生成されたマップファイルを左にスワイプ。
- “新規ミッション” をタップ。
- マップが表示（ミッションの作成画面）。



(ウ) ミッションの作成

生成したマップを使い、ミッションを作成する。“全体設定”は速度、ミッション完了後の動作等を、“個別設定”では、各ポイントの位置、高度、機首方向等を設定する。

設定完了後に、保存するとミッションリストに登録される。



テスト飛行を行い、ポイント位置、高度、機首方向等を調整し、ミッション作成完了。

自動飛行による点検では、障害物の少ない箇所は、ズームを使わず編み目の状況まで確認できました。障害物の多く、侵入防止柵から離れて撮影した箇所においても、ズーム機能を使うことで編み目の確認まで可能でした。

一方、下層植生が繁茂していたり、侵入防止柵が蔓性植物に覆われていると接近できても確認することができません。UAVによる点検を導入する場合は、侵入防止柵付近まで下刈り作業を行ってください。



図 - 23 自動飛行による点検画像

4 おわりに

これまで、岡山県では、シカは一部の地域にしか生息しておらず、造林地における獣害対策は一般的な作業ではありませんでしたが、現在は、植林するときは獣害対策をしないとシカに食べられてしまうという認識が拡がりつつあります。

一方で、獣害対策のために防護資材は設置したものの、その後の管理が十分でなく、シカによる食害を受けてしまった造林地も多く見られます。

本冊子で紹介した“踏査”は一般的な点検方法ですが、コストや労力の関係から、あまり実施されていませんでした。今回の調査で、防護資材がシカによる影響を最も受けやすい初期にしっかり管理することで、気象災害が発生した場合は早期の対応が必要ですが、その後はあまり労力をかけずに管理できることが分かりました。

本冊子が、育林施業を実施する上での一助となり、健全な森林の育成に携わることができれば幸いです。

参考文献

- 環境省（2021）：全国のニホンジカ及びイノシシの生息分布調査について，環境省ホームページ(www.env.go.jp)
- 林野庁（2021）：主要な野性鳥獣による森林被害（令和2年度），林野庁ホームページ (https://rinya.maff.go.jp)
- 三枝道生（2018）：林内に設置された防護柵の管理状況，第69回応用森林学会大会要旨集，pp27
- 三枝道生（2021）：林内に設置された侵入防止柵の管理技術の検討，令和3年度森林・林業交流研究発表会要旨集，pp19
- 三枝道生、井上真吾（2019）：防鹿柵の効果的な維持管理方法の検討，水利科学 No. 368, pp111～123

— Special Thanks —

美作県民局農林水産事業部森林整備課
奈義町森林組合

本冊子内のデータ収集に当たり、多大な御協力を賜りました。
ありがとうございました。

問い合わせ

岡山県農林水産総合センター
森林研究所 林業研究室

〒709-4335

岡山県勝田郡勝央町植月中1001

Tel : 0868 (38) 3151 代表

0868 (38) 3153 直通

Fax : 0868 (38) 3152

Mail : ringyo@pref.okayama.lg.jp