

食料生産地域再生のための先端技術展開事業「復旧水田における先端技術導入による水田営農の高度安定化に向けた実証研究」成果集

ドローンを用いた 鳥類防除技術導入マニュアル



2021年3月

岩手県農業研究センター
生産基盤研究部 生産システム研究室
農研機構 農業技術革新工学研究センター

はじめに

近年、農業分野における鳥獣害対策が各地域で問題となっており、大学や研究機関、県の公設試、民間企業等で対策技術の開発が進められています。

しかし、鳥獣害対策と言いながらも、技術開発の中心は獣害対策であり、鳥害対策は研究者も少なく、抜本的な対策がとられていない状況です。

国内における鳥害対策に関する過去の論文、1930年代までが9報、1931年～45年が6報、1945年～1970年が28報と、病害虫等に比べると極めて少ない状況でした(中村・松岡 1982)。また、対象としている鳥種も、スズメ、ハト、ムクドリといった小型の鳥類が多く、カラスやカモメ等、比較的大型の鳥に対する研究は少ない状況でした。

そのような中、1980年に、国の農事試験場畑作研究センターに「鳥害研究室」が新設され(現、農研機構中央農業研究センター鳥獣害グループ)、また、1981年には、財団法人山階鳥類研究所から、鳥害防止対策技術も含んだ、「応用鳥学集報」が発刊(1991年廃刊)、1987年には、「鳥害研究会ニュース」の発刊(1998年最終号)、応用動物昆虫学会において「鳥害研究会」の開催等、鳥害に関する研究が活発化してきました。

さらに、生産者向けの書籍「鳥獣害の防ぎ方 由井正敏・阿部禎 他著 農文協 1982年」や、「鳥獣害とその対策－植物防疫特別増刊号 中村和雄 編 1996年」等、鳥害も扱った書籍等も見られています。鳥害は、農業分野のみならず、電気事業者や航空業界、また、ごみ収集に至るまで多岐にわたっており、鳥害の研究が盛んに行われた上記1980年代～1990年代には、目玉風船(城田 1984)や、音や光等を用いた様々な機器が、広く出回りました。

しかし、残念ながら現在に至るまで、決定的な鳥害対策技術は確立されておらず、依然として、鳥害は、幅広い分野で問題となっています。

鳥害対策技術が未確立な背景としては、鳥害研究の難しさがあります。鳥類は、昆虫のように容易に飼育ができないことから簡単に実験ができず、また、獣類と異なり侵入ルートが広く、立体的に対策を考える必要性があります。さらに、2001年のネイチャー誌で発表されたように、カラス類の知能は優れており(Hunt GR et al. 2001)、加えて、問題となる害鳥のうち、ドバト以外は、鳥獣の保護及び管理並びに狩猟の適正化に関する法律の制限を受け、駆除も容易でない、といったこと等が挙げられます。

近年、ドローンの技術革新が進み、安価かつ高性能な機体が誰でも利用可能となりました。そこで、「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」において、ドローンを利用した鳥害防止技術の開発を実施した結果、ウミネコやスズメに対するドローンの防除効果が明らかになり、効果的な鳥害防止技術としてドローンが期待できることから、ドローンによる鳥害防除技術について、マニュアルとしてまとめたものです。

(本マニュアルは、食料生産地域再生のための先端技術展開事業 JPJ000418 による成果です)

2021年3月 岩手県農業研究センター

農研機構 農業技術革新工学研究センター

目次

1	はじめに	頁
2	目次	1
3	水田で問題となる鳥類とその特徴	2
	(1)ウミネコ	
	(2)スズメ	
	(3)カラス（ハシボソガラス）	
	(4)その他（カモ類、サギ類）	
4	ドローン防除に必要な機器	4
	(1)ドローン	
	(2)追加バッテリー	
	(3)iPad とアプリケーション	
	(4)その他	
5	手動操作によるドローン防除 ～ドローン防除の基本操作～	6
	(1)事前準備（フライトエリア等の決定）	
	(2)追払いの基本操作（飛行高度、飛行速度等）	
	(3)手動操作時の留意点	
6	自動航行アプリケーションを利用した自動防除	7
	(1)DJI GS Pro について	
	(2)飛行ルートの設定方法とフライト手順	
	(3)自動航行時の留意点	
	(4)GS Pro 以外の自動航行アプリ（GS Pro 未対応のドローンで利用可能なアプリ）	
	(5)自動航行によるドローン防除の実施例（2020 年度の試験実施例）	
7	鳥種ごとの追払いルートの考え方と例	15
	(1)ウミネコ	
	(2)スズメ	
8	ドローン防除の経営評価	16
9	ドローン防除に係る関連法規と航空局への許可申請について	17
	(1)航空法	
	(2)小型無人機等飛行禁止法	
	(3)その他の法規	
	(4)航空局への飛行許可申請の方法	
10	ドローン防除以外の防除法の特徴	20
	(1)物理的防除法	
	(2)耕種的防除法	
	(3)心理的防除法	
	(4)化学的防除法	
	(5)複数の防除法の組み合わせ	
11	参考動画 URL（追払いの様子を動画で公開）・用語集・参考文献	22

3 水田で問題となる鳥類とその特徴

(1) ウミネコ

体長46.5cm、翼長120cmの大型のカモメです。背や翼の上面は濃青灰色で、翼の先は黒く、白点のある個体もあります。嘴は黄色で先端近くに黒と赤の斑紋があり、足は黄色をしています。ミャーオ、クワーオと、猫に似た声で鳴きます。日本では、北海道から九州まで集団繁殖地があり、成鳥は繁殖期には繁殖地付近にだけ見られますが、若鳥は夏にも全国の海岸にいます。冬は本州以南の海岸や河口に多く見られます(高野,1982)。

東北地域では、陸前高田市の椿島や八戸市の蕪島等の繁殖地が有名で、繁殖時期と水稻の移植時期が重なることから、水浴びのために水田へ飛来し欠株被害をもたらします。この時期は、日中に水田へ飛来し、夜間は海岸付近に滞在していることが多いとされています(K. Yoda et al. 2012)。



(2) スズメ

体長14.5cmの小鳥です。頭上は紫褐色、背は褐色で黒い縦斑があり、翼には細い2白帯があります。顔は白くて耳羽と頬は黒く、チュンチュン、ジュジュジュ等と鳴きます。全国に留鳥として人家近くにすみ、地上で草の種子や人の落としたものを食べますが、繁殖期には昆虫もたくさん食べます。秋冬には芦原や草地、水田等に大群でいることがあり、大木や竹林をねぐらとし、夕方には多くの個体が集まって騒がしく鳴きます(高野,1982)。

農業分野では、水田に飛来してモミを食べる害鳥として認識されていますが、実際は害虫などを多く捕食しており、益鳥の面が大きい鳥です。今回試験を実施した陸前高田市では、周辺の稲よりも出穂が早い品種「たかたのゆめ」を栽培しており、出穂期以降にスズメが多数飛来し、食害が発生していることが問題となっていました。



(3) カラス(ハシボソガラス)

体長 50cm、ハシブトガラスより小さく、ミヤマガラスより大きいカラスです。嘴は両者の中間の太さで、嘴はある程度湾曲し、額は出っ張りません。体は紫青光沢のある黒色。幼鳥は少し褐色味があり光沢がなく、カララカラという濁った声で鳴きます。九州以北で繁殖し、一年中、国内の一定の地域で生活する留鳥です。低地から低山の村落付近の農耕地、河原、海岸等において、地上を歩いているいろいろな物を食べます。ハシブトガラスよりもふわふわした感じの飛び方をします。一定の森を、大群でねぐらとします(高野,1982)。

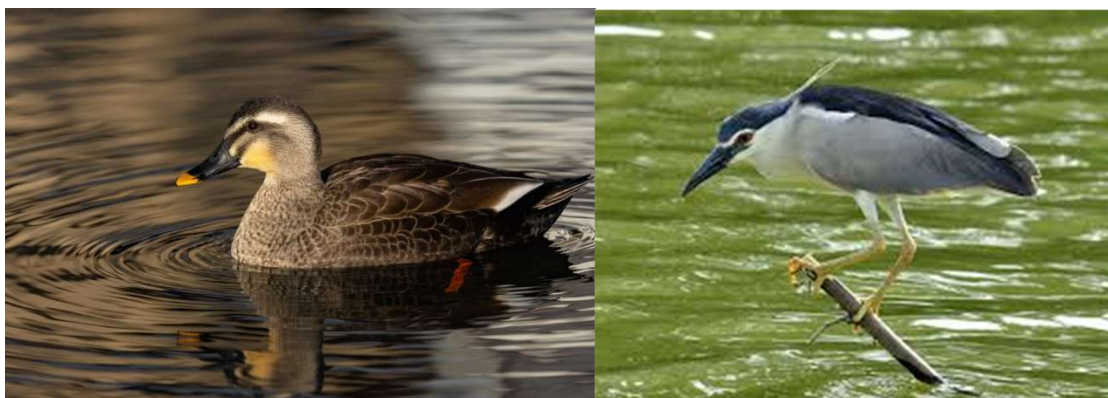
岩手県の水田では、ハシブトガラスよりもハシボソガラスの方が多く見られます。水田には、耕うん後や稲刈り後に多く飛来しますが、被害はあまりありません。農業分野での被害は、リンゴ等の果樹、トウモロコシ(飼料作物含む)、トマトやスイカ等の野菜等多岐にわたります。

今回試験を実施した陸前高田市小友町では個体数が少なく、被害は見られませんでした。



(4) その他(カモ類、サギ類)

岩手県の水田で見られるその他の鳥としては、カルガモやアオサギ、アマサギ、ダイサギ等のサギ類がいます。サギ類は主に夜間に水田へ飛来し、昆虫やドジョウなどを採食します。カルガモは日中水田に飛来し、主に植物の葉や種子を食べます。水稻への食害や浮き苗被害を与えることもありますが、ウミネコのように集団で飛来することはありません。



4 ドローン防除に必要な機器

(1) ドローン

本マニュアルで紹介する鳥害防除技術「ドローン防除」は、DJI 社のアプリケーション「GS Pro」を利用したものです。そのため、本アプリケーションに対応した機器である必要があります。本アプリケーションは、DJI 社のドローンが対応していますが、Mavic mini や mini2 は、2021 年 3 月時点では、本アプリケーションに未対応です。

価格と安定性、フライト時間等から、Phantom4Pro や Mavic2Pro がドローン防除に適していますが、ウミネコの場合、防除効果を高めるためのプラスチックチェーンを装備するため、ペイロードが大きい Phantom4Pro が適しています。

今回のマニュアルでは、ウミネコ防除には、Phantom4Pro、スズメ防除には、Mavic2Pro を利用しています。



Phantom4Pro



Mavic2Pro

(出典 DJI Web サイト)

(2) 追加バッテリー

本マニュアルで紹介しているドローン防除の場合、約 5 分で 3ha 弱をフライトします。

Phantom4Pro と Mavic2Pro は、1 本のバッテリーで約 30 分のフライトが可能ですが、帰還時の電池切れによる予期せぬ着陸動作による事故(水田内への着陸等)を避けるために、バッテリー残量が 20% 以下になった時点で、離陸地点への帰還とバッテリー交換を行う必要があります。

そのため、1 バッテリーでのフライトは 5 分×4 回を目安とします。また、フライト後に電池残量が減少したバッテリーは、カーシガレットに対応した充電器を利用することにより充電可能であり、約 60 分でフル充電となります(充電時は、車のエンジンをかける必要がある点に留意)。

これらを踏まえ、防除が必要なエリアの面積や防除間隔(今回のマニュアルでは 1 時間に 1 回の防除としています)、1 日当たりの防除回数から、追加で購入が必要なバッテリー数を計算します。

例1)防除面積 2ha 1カ所 の場合

1 日 8 回、1 時間間隔(1 回当たり 5 分のフライト)で防除を行う場合、2 本のバッテリーで防除が可能です。

例2)防除面積 2ha×3 か所の場合

1日8回、1時間間隔(1回当たり5分のフライト)で3か所の防除を行う場合、6本のバッテリーが必要になりますが(カーシガレットで充電しない場合)、カーシガレットで充電しながら防除を行う場合は、3本のバッテリーでも対応が可能となります。

また、一日当たりのフライト回数が多くなると、送信機のバッテリー残量も低下することから、カーシガレットでバッテリーを充電する際には、送信機の充電も行うようにします。



Phantom4Pro バッテリー



Mavic2Pro のバッテリー



カーシガレット対応充電器

(出典 DJI Web サイト)

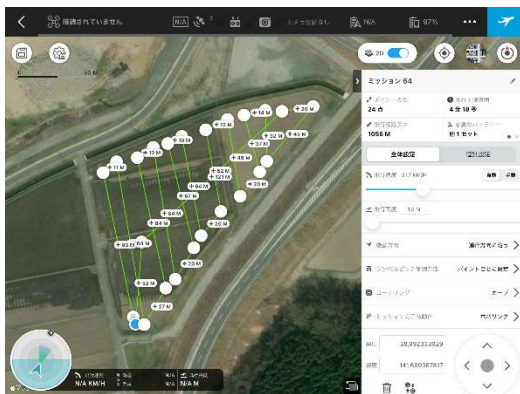
(3) iPad とアプリケーション

自動航行アプリケーションを用いて防除を行うために、iPad を利用します。

iPad には、様々なバリエーションがありますが、最も安価な iPad mini で十分にドローン防除が可能です。また、iPad mini には、wifi のみのタイプと、LTE 回線に接続できる Cellular タイプがありますが、自動航行アプリケーションを利用する際にはインターネット回線への接続が必要となることから、wifi のみのタイプを利用する場合は、モバイル wifi 等を別途準備する必要があります。

自動航行アプリケーションは、DJI 社の GS Pro を利用します。

GS Pro は、App store から無料でダウンロード可能です(ドローン防除では、GS Pro のウェイポイント機能を利用します)。なお、GS Pro は、Android 版はリリースされていないため、Android タブレットは利用できません。



DJI GS Pro

(出典 DJI GS Pro スクリーンショット)



ウミネコ防除に利用するプラスチックチェーン

(4) その他

ウミネコ防除を行う際は、ドローン単体では防除効果が低いことから、必ず Phantom4Pro にプラスチックチェーンを装備する必要があります。装備するプラスチックチェーンは、長さ 30cm を目安とします。これよりも短いと防除効果が減少し、長いとプロペラへの巻き込み等のリスクが高まります。



5 手動操作によるドローン防除 ～ドローン防除の基本操作～

(1) 事前準備(フライトエリア等の決定)

ドローン防除に利用する Phantom4Pro や Mavic2Pro のフライトに免許は必要ありません。また、自動航行アプリケーションを利用することから、高度な飛行技術も必要ありません。

しかし、突発的なアクシデント等への対応のためには、基本的なドローンの飛行技術をしっかりと身に付ける必要があります。事前に、離陸から着陸までの一連の操作方法や、非常時の対応法等を十分に習得した後、ドローン防除を行うようにします。

ドローン防除を行う前に、対象となるほ場(エリア)や、防除が必要な時期等を十分に確認します。岩手県沿岸部のウミネコの場合、水稻の移植時期から2～3週間程度(5月中旬頃～6月上旬頃)がウミネコによる欠株被害のリスクが高くなることから、この時期が防除対象時期です(この時期はウミネコの繁殖時期であるため、ほ場周辺に繁殖地がある場合は、特に個体数が増加します)。

また、ウミネコは水田内をねぐらとしているのではなく、朝、ねぐらから水田に飛来し、夕方、ねぐらへ戻って行くことから、主に日中が防除対象時間となります。さらに、同じエリアの水田であっても、ウミネコが多く飛来する水田と、ウミネコがほとんど飛来しない水田があります。

このように、事前にウミネコの行動パターンを良く把握し、①どのエリアで、②どの時期に、③どの時間帯に、ドローン防除を行うかを決定します。

2020年に、陸前高田市小友町で実施した例では、約100haの水田のうち、8ha分について、5月中旬から6月上旬にかけて、8時から16時まで、1時間に1回ずつのフライトを実施しました。

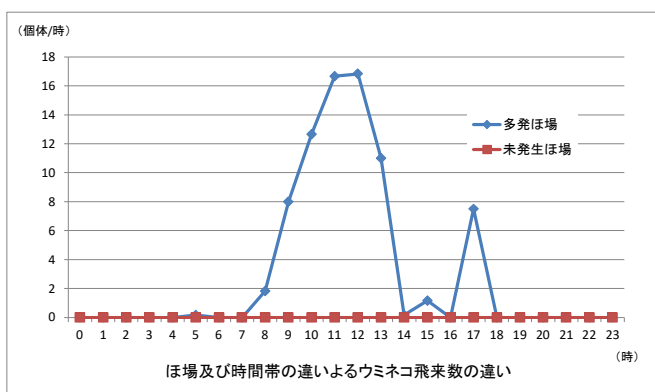


図 ほ場及び時間帯の違いによるウミネコ飛来数の違い
(2019年5月24日)

※同じエリア内のほ場でも、ウミネコが多数飛来するほ場(多発ほ場)とウミネコが飛来しないほ場(未発生ほ場)がある。また、夜間はほ場内に滞在しない。

(2) 追払いの基本操作(飛行高度、飛行速度等)

追払いを実施するエリアを決定後、フライトを行うエリア内にある障害物や、隣接する道路等、フライトに想定されるリスク要因を事前に把握します。これらのリスクを十分に把握したうえで、航空法の制限内で飛行を行う必要があります(航空法については後述)。

ウミネコ及びスズメのドローン防除は、高度2～3mで行います。そのため、防除を行うエリア内で最も高度が高い場所から離陸することが安全につながります。特に手動操作の場合、フライト地点からの距離が遠くなるにつれて、高度感覚が薄れてくることから、高度が極端に低下し、予期せぬ非常停止等につながらないように、注意する必要があります。

飛行速度は、ウミネコ、スズメ、いずれも 10km/h 程度とします。飛行速度が速い方が、同じフライト時間でも多くの面積の防除が可能ですが、飛行速度が速くなると、特にウミネコの場合は、ドローンに驚き一旦は飛び立つものの、直ぐに元の場所へ降り立ってしまうことが見られます。一方、飛行速度が遅くなると、同じフライト時間で防除可能な面積が少なくなるとともに、ウミネコの場合、追払い効果が減少します。

(3) 手動操作時の留意点

ウミネコ防除を行う場合は、離陸地点から、水田内に滞在しているウミネコを目掛けて飛行させます。ドローンの接近によって、ウミネコが飛散した後、飛散したウミネコのうち、最も個体数が多い群れに向かって、引き続きドローンを飛行させます。防除を行うエリア外にウミネコが離脱した時点で追払いを中断し、その時点で防除エリア内にまだウミネコが滞在している場合は、再度、そのウミネコ目掛けて飛行をし、エリア内にウミネコがいなくなるまでフライトを継続します。

ドローンの接近によってウミネコが飛散したタイミングで、ドローンの高度を 10m 程度上昇させることにより、追払い効果を高めることも可能です。

スズメ防除を行う場合はウミネコと違い、稲体に隠れ、どこにスズメが潜んでいるか把握することが困難です。そのため、防除エリア内を満遍なくフライトさせる必要があります。また、防除エリア周辺に電柱や林等がある場合は、それらを足掛かりに水田内へ侵入する機会が多いことから、そのような場合条件の場合は、電柱や林等に近いエリアを重点的に飛行させ、スズメを追い出します。

スズメの場合もウミネコと同様に、ドローンの接近により飛散したタイミングでドローンを上昇させることによって、追払い効果を高めることが可能です。

6 自動航行アプリケーションを利用した自動防除

(1) DJI GS Pro について

DJI GS Pro は、DJI 社が開発したアプリケーションで、現時点では、iOS のみでリリースされています。様々なミッションを作成することが可能で、フォトマップやバーチャルフェンス、計測撮影、ウェイポイント飛行経路指定等を行うことが可能です。

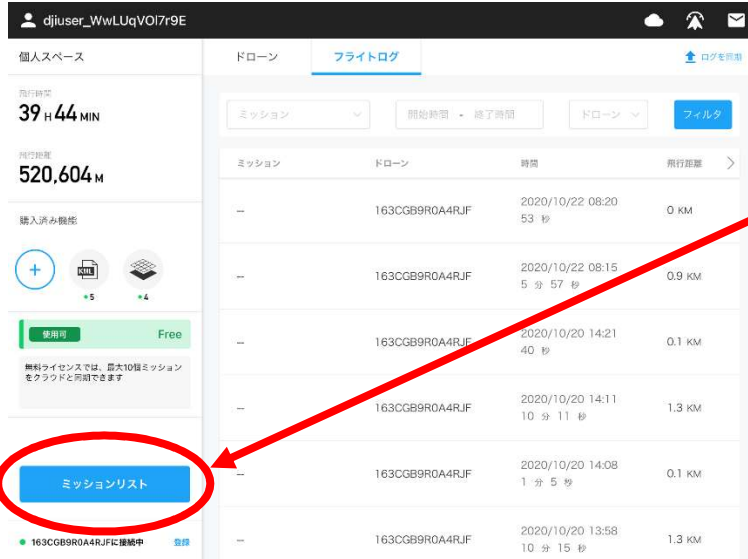
GS Pro を利用するにはまず、App Store からアプリケーションをダウンロードするとともに、DJI のアカウントを作成・ログインする必要があります。また、利用時は、インターネット回線に接続し

ている必要があります。

ドローン防除では、GS Pro のウェイポイント飛行経路指定機能を利用し、離陸から着陸まで、自動航行による防除を行います。

(2) 飛行ルートの設定方法とフライト手順

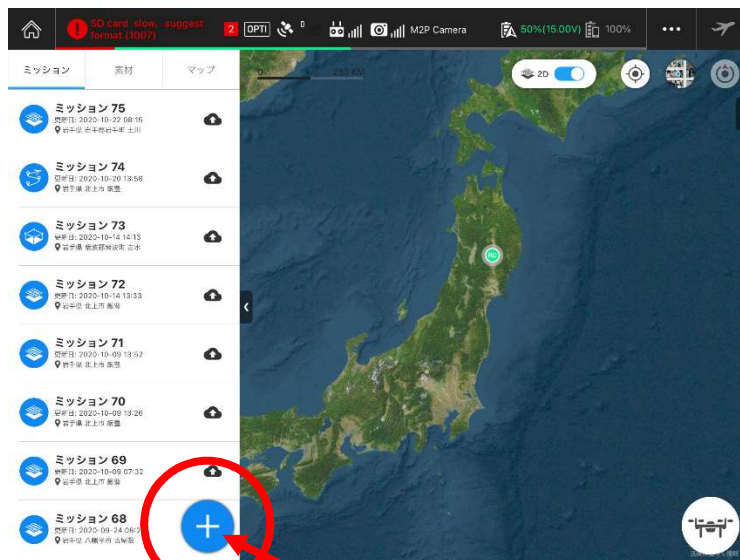
① ドローン、GS Pro を起動し、DJI アカウントでログインし、ミッションリストをタップします。



タップ

ログイン済み画面
(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

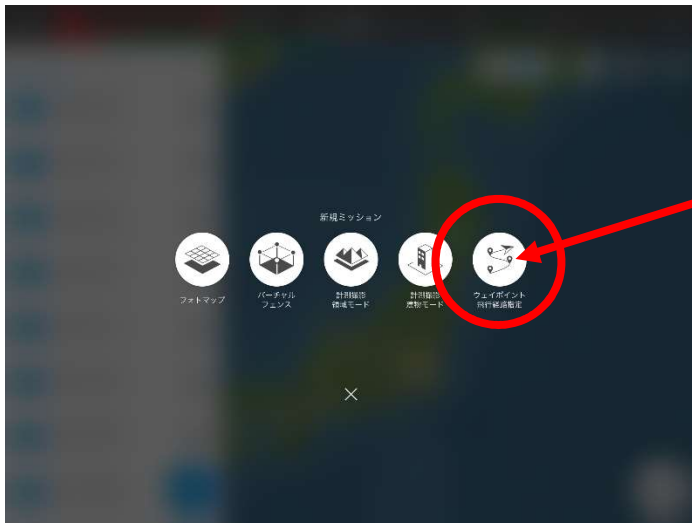
② 「+」ボタンをタップし、新しいミッションを作成します。



タップ

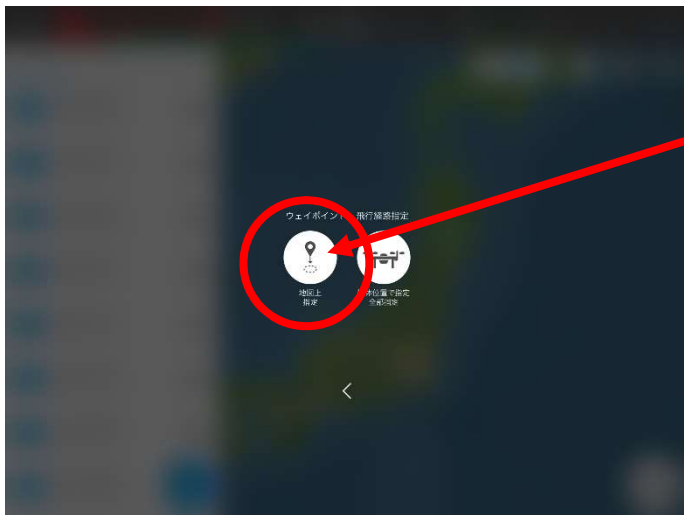
(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

③ 新規ミッションのうち、ウェイポイントを選択します。



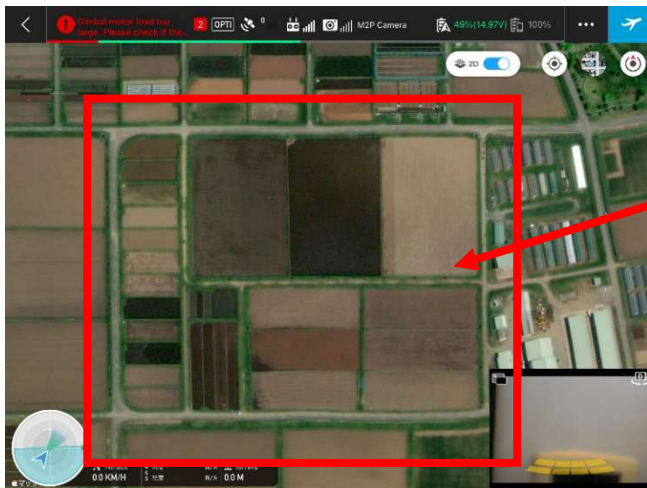
(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

④ 地図上指定、を選びます。



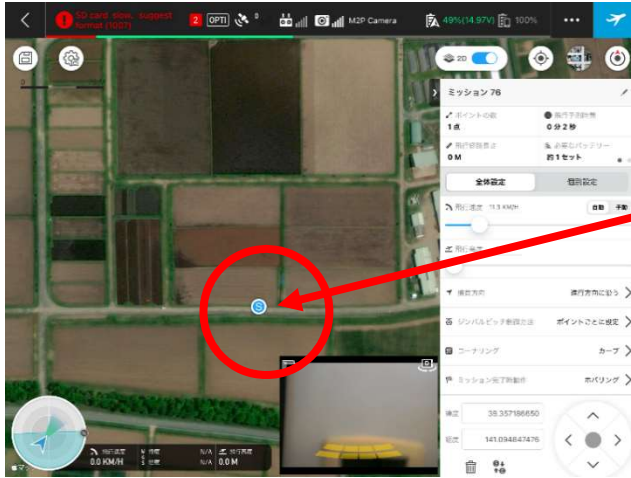
(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

⑤ マップが表示されるので、マップをドラッグし、ドローン防除を行うエリアへ移動します。



(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

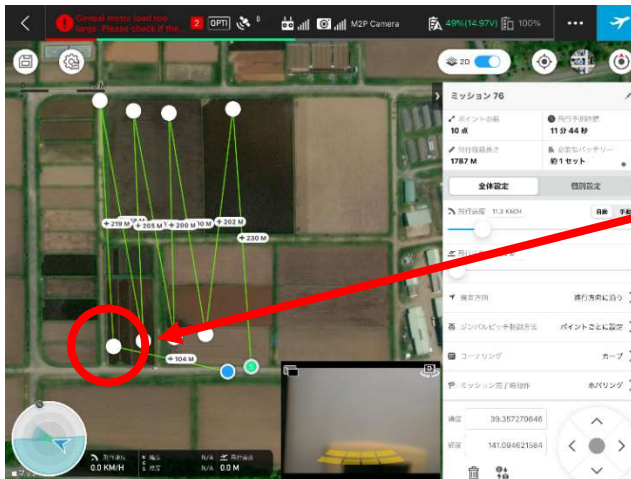
⑥ 離陸地点をタップして指定します。離陸地点は、手動操作時と同様、ドローン防除を行うエリアのうち、最も標高が高い地点とします。



離陸位置をタップして指定
(フライトエリア内で最も
標高が高い地点とする)

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

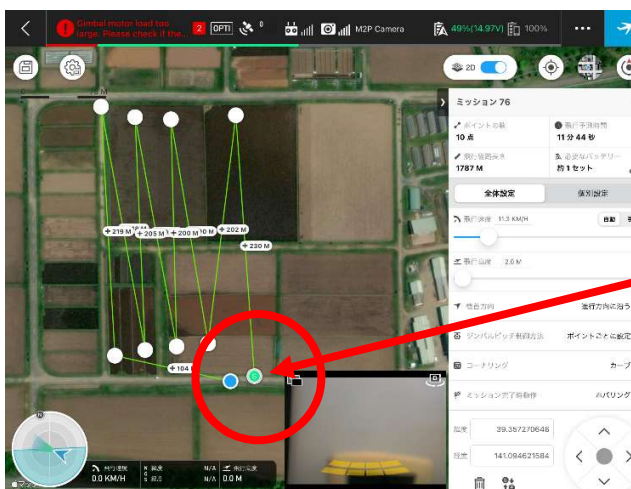
⑦ 飛行ルートに沿って方向転換する場所(ウェイポイント)をタップしていきます。



ウェイポイントを順次タ
ップして指定していく
タップしたウェイポイント
は白丸で表示されます
(最終ポイントは青丸)

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

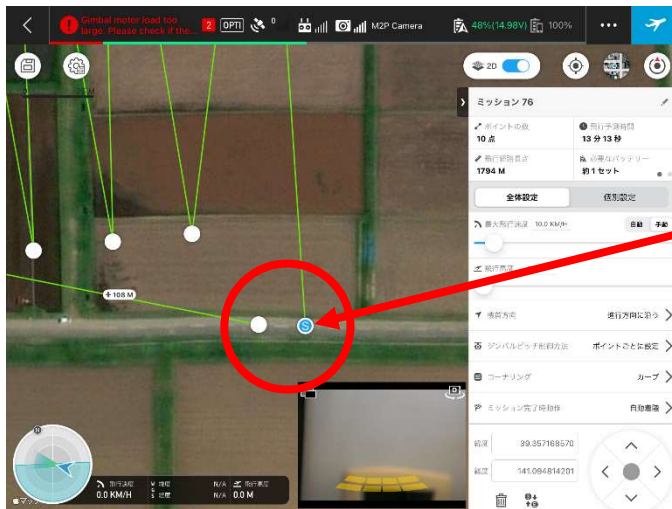
⑧ 飛行ルートをタップした後、着陸ポイント(もしくは最終ホバリングポイント)をタップします。



着陸ポイントをタップして
指定

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

⑨ 離陸ポイント、ウェイポイント、着陸ポイントは、それぞれドラッグして位置の微調整ができます。



地図を拡大し、各ポイント位置の微調整を行います。

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

⑩ 飛行高度(2~3m程度)と飛行速度(10km/h程度)を設定します。

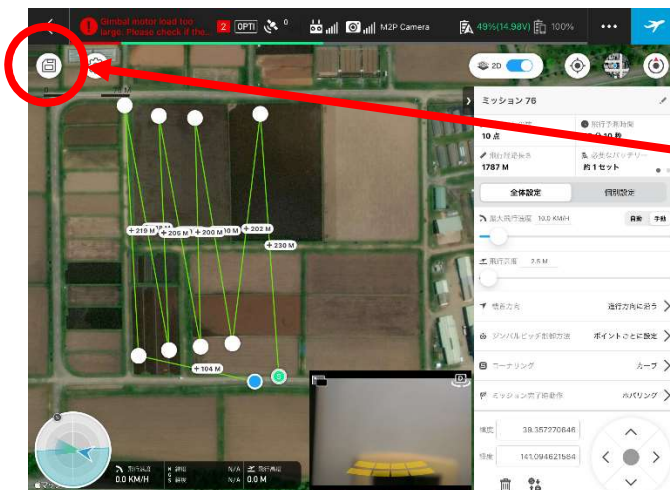


飛行速度を設定

飛行高度を設定

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

⑪ 設定した値を確認した後、飛行ルートを保存します。

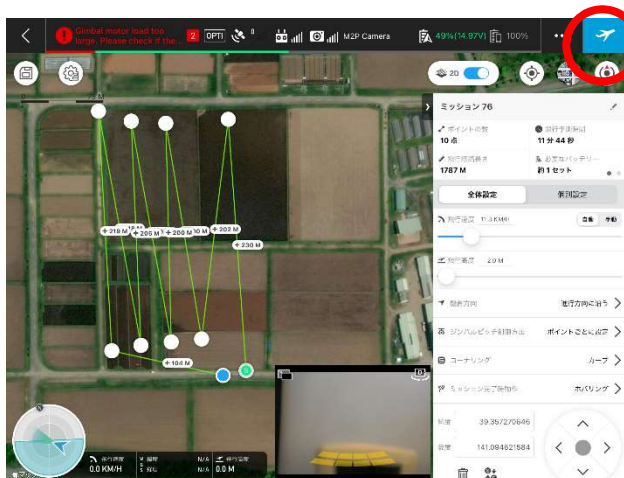


保存ボタンをタップ

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

⑫ フライトを行う場合は、飛行ボタンをタップし、フライトを行います。

飛行準備画面で、全ての項目がグリーンになったことを確認し、飛行開始ボタンをタップします。



飛行開始ボタンをタップ

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)



全ての項目が緑になったことを確認し、飛行開始ボタンをタップ

飛行開始ボタンをタップすると、自動で飛行します

(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

⑬ フライトが終了すると離陸地点へ自動で帰還します。

(3) 自動航行時の留意点

自動航行の場合、離陸から着陸まで自動で飛行し防除が行われます。そのため、フライト中の操作は不要です。しかし、フライトエリア内への予期せぬ人等の侵入に備えて、フライト中はドローンを注視し、いつでも飛行をストップし、ホバリングや着陸できる体制が必要です。

また、ウミネコやスズメの個体数が極端に多い場合、ドローン本体の衝突防止機能が作動して、自動航行が中断され、飛行停止・ホバリング状態となることがあります。この場合には、ドローン周辺から鳥がいなくなった状態で、直前のウェイポイントからフライトをやり直すボタンを押すことによって防除が継続されます(停止した直前のウェイポイントへ自動で戻り、そこから自動航行が再開されます)。

今回利用したドローンは、高精度な測位が可能な RTK-GNSS を利用するドローンとは異なり、通常の GPS 信号を利用して測位を行うことから、位置情報に誤差が生じる可能性があります。そのため、離着陸地点が狭い場合や、周辺に障害物等がある場合は、位置情報のずれによる離着陸時の事故を防ぐため、手動操作で離着陸を行います。まず、離陸地点から手動操作で離陸し、水田上空へド

ローンを移動させたのち、飛行ボタンを押して自動航行を始めます。また、離陸時も、水田内上空でホバリングさせたのち、手動操作で着陸地点へ着陸させます。

自動航行中、万が一送信機のバッテリーが切れた場合、ドローンは RTH(リターン・トゥ・ホーム)機能が作動し、その場で 30m 程度上昇した後(上昇高度は変更可能)、自動で離陸地点へ戻り、着陸します。

このような場合、送信機のバッテリーが切れている状態のため、自動で着陸するのを見守るしかできず、着陸時に不測の事故が起こる可能性があります。そのため、できる限り RTH を働かさないうよう、送信機のバッテリー残量に十分注意をするとともに、万が一 RTH が働いても着陸に支障が出ないよう、離発着地点周辺に障害物がないよう配慮する必要があります。

また、送信機のバッテリー切れ以外の要因で RTH が働いた場合は、送信機からの操作(RTH ボタンを押して RTH 動作をキャンセルさせる)でキャンセル可能です(RTH 動作の詳細は、各ドローンのマニュアルを必ず参照してください)。

(4) GS Pro 以外の自動航行アプリ(GS Pro 未対応ドローンで利用可能なアプリ)

Phantom4Pro や Mavic2Pro よりも安価な、DJI Mavic mini や DJI Mini2 は、2021 年 3 月時点では DJI GS Pro に対応しておらず、ウェイポイントができません。また、DJI 以外のドローンも、GS Pro を利用することができません。

これらのドローンの防除効果は明らかではないものの、既に DJI 社以外のドローンや、上記の超小型ドローンを保有している場合に自動航行によるドローン防除を行うためには、GS Pro とは異なるアプリケーションを利用します。

アプリケーション「Dronelink」は、DJI 以外の機体(例:Parrot ANAFI)にも対応したウェイポイントの設定ができるアプリケーションで、DJI Mavic mini や DJI Mini2 でもウェイポイント設定を可能とするアプリケーションです。

また、iOS 版だけでなく、Android 版もあることから、Android タブレットの利用も可能です。

ウェイポイント機能を利用するには、Hobbyist コースの Premium プラン(40 ドル)を購入する必要があります(※40 ドルは買い取り価格)。アプリケーション Dronelink の利用法については、web サイト <https://www.dronelink.com/> を参照してください。



(出典 Dronelink スクリーンショット)

(5) 自動航行によるドローン防除の実施例(2020年度の試験実施例)

① 方法(ウミネコ対策)

2020年5月13日から6月2日(水曜、日曜日以外)、陸前高田市小友町のウミネコ被害リスクが高いエリア3カ所(計約8ha)において、高度2~3mで1カ所当たり1フライト約5分の自動航行による防除を、8時~16時まで一時間間隔で実施しました(利用したドローン:Phantom4Pro)。

② 方法(スズメ害対策)

2020年7月30日から8月17日(毎日)、陸前高田市小友町「たかたのゆめ」栽培エリア2カ所(計約2.4ha)において、高度2~3mで1カ所当たり1フライト約5分の自動航行による定期防除の実施を、8時~16時まで一時間間隔で実施。比較対象として、ほ場内に防鳥ネットを設置しスズメの侵入を遮断することで、ドローンによる防除効果を収量で評価しました(利用したドローン:Mavic2Pro)。

③ 結果及び考察

・水田内に滞在するウミネコ及びスズメに対しドローンを高度2~3mで飛行させることにより、水田内から追払うことが可能です(ウミネコの場合は長さ30cm程度のプラスチックチェーンを装備します)。

・ウミネコについて、2018年度にほ場面積の4.6%で欠株被害が見られたほ場を含むエリアに自動航行による定期的なドローン防除を行った結果、2020年度では、同一ほ場での被害0%を実現しました。

・スズメについて、2018年には減収率が15%であった「たかたのゆめ」に対し、2020年に自動航行による定期的なドローン防除を行った結果、減収率0%を実現しました。

・いずれも、自動航行アプリケーション(DJI GS Pro)を用い、事前に飛行ルートを設定しておくことにより、容易かつ安全に、定期的な防除が可能です。

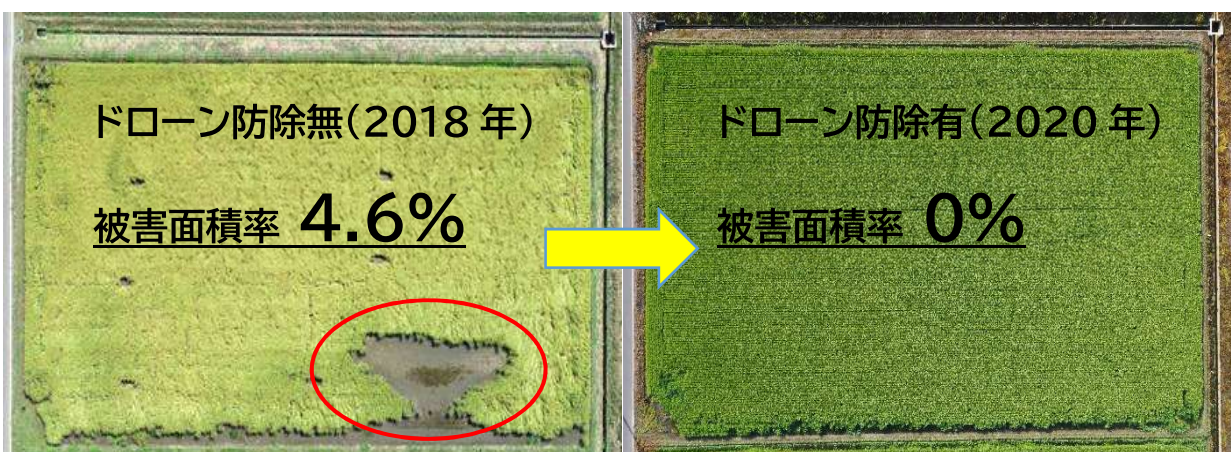


図 ウミネコによる欠株被害の防止効果(左:ドローン無(2018)、右:ドローン有(2020))

注)2020年5月13日から6月2日(水曜、日曜日以外)、陸前高田市小友町のウミネコ被害リスクが高いエリア(3カ所計約8ha)で、自動航行による防除を実施(1カ所当たり1フライト約5分、8時~16時まで一時間間隔)。

表 スズメの食害による減収率の違い

	精玄米重(kg/10a)		減収率 (%)
	防鳥ネット有	防鳥ネット無	
ドローン無 (2018年)	461	390	<u>15</u>
ドローン有 (2020年)	515	519	<u>0</u>

注)2020年7月30日から8月17日(毎日)、陸前高田市小友町「たかたのゆめ」栽培エリア(2ヵ所計約2.4ha)で、自動航行による定期防除を実施(1ヵ所当たり1フライト約5分、8時~16時まで一時間間隔)。防鳥ネット無の場合スズメの被害を受けるが、ドローンを飛行させることにより被害が抑制される。

7 鳥種ごとの追払いルートの方考え方と例

(1) ウミネコ

一定方向からのみの追払いの場合、飛び立った後、背後の水田に戻って来てしまう場合があることから、水田中心部から、らせん状に外側へ追払います。また、畦畔の中心部付近に滞在することが多いことから、畦畔中心部付近を重点的に飛行するルートを設定します。



(2) スズメ

一定方向に逃げていくことが多いことから、ほ場の端からジグザグに、一定方向へ追払うルートを設定します。ドローンは、Phantom4Pro、Mavic2Pro どちらでも利用可能です。



(出典 DJI GS Pro
スクリーンショット)

8 ドローン防除の経営評価

6-(5)自動航行によるドローン防除の実施例で利用した機器や条件等を基に、ドローン防除の経営評価を実施しました。

【前提条件】

- ・ウミネコ:防除面積 800a、防除日数 15 日、一日の作業時間 8 時間(うち実作業時間 4 時間=1カ所 5 分×3カ所+準備+移動 15 分×8 回)
- ・スズメ:防除面積 240a、防除日数 20 日、一日の作業時間 8 時間(うち実作業時間 2 時間 40 分=1カ所 5 分×2カ所+準備等 10 分×8 回)。
- ・単収 486kg/10a(実証経営体における H28-H30 の平均)、単価 237 円/kg(岩手県生産技術体系 2015 年度版(ひとめぼれ))、時給 800 円(令和 2 年度陸前高田市農業労賃標準額・普通の農作業)。
- ・防除を実施しない場合に想定される最大の減収分(ウミネコ被害率 4.6%、スズメ被害率 15%)を減収回避による収益増とした。
- ・機器の価格:Phantom4Pro 198,880 円、Mavic2Pro 197,560 円、Phantom4Pro 用追加バッテリー20,361 円×4 本、Mavic2Pro 用追加バッテリー16,500 円×4 本、iPad mini 50,300 円。
- ・減価償却期間:ドローン(Phantom4Pro、Mavic2Pro)5 年、iPad4 年、追加バッテリー1 年。

表 ドローン防除の実施による経営への効果

ウミネコ(800a規模) (円/10a)		スズメ(240a規模) (円/10a)	
減収回避による収益増(A)	5,298	減収回避による収益増(A)	17,277
かかり増し経費(B)	3,030	かかり増し経費(B)	10,254
機械等固定費	1,830	機械等固定費	4,920
雇用労働費	1,200	雇用労働費	5,333
所得増(A)-(B)	2,269	所得増(A)-(B)	7,024

今回の条件では、ウミネコ、スズメのいずれにおいてもドローン防除を行うことにより減収が回避できる前提とした場合、ドローン等の機器やフライトに係る人件費を考慮しても、所得増となることが明らかとなりました。

ただし、害鳥被害の発生状況は、地域や年次によって異なることから、地域の被害状況を考慮したうえで、ドローン防除技術を導入するか判断します。

なお、今回ウミネコ防除で利用した機器の場合、ほ場間がどの程度離れているか等の条件により多少異なりますが、1時間間隔で一日当たり8回ドローン防除を行う場合、最大1600aの防除が可能です。1600a規模でドローン防除を導入した場合、ほ場全体で1.315%以上の被害が見込まれる場合は、ドローン防除による所得増効果が見込まれます。

スズメの場合も同様に、最大1600aの防除が可能であり、1600a規模でドローン防除を導入した場合、ほ場全体で1.335%以上の被害が見込まれる場合は、ドローン防除による所得増効果が見込まれます。

表 損益分岐点におけるドローン防除の経営への効果

ウミネコ(1,600a規模) (円/10a)		スズメ(1,600a規模) (円/10a)	
減収回避による収益増(A) 486kg(単収)×237円(単価) × 1.315% (減収率)	1,515	減収回避による収益増(A) 486kg(単収)×237円(単価) × 1.335% (減収率)	1,538
かかり増し経費(B)	1,515	かかり増し経費(B)	1,538
機械等固定費	915	機械等固定費	738
雇用労働費	600	雇用労働費	800
所得増(A)-(B)	0	所得増(A)-(B)	0

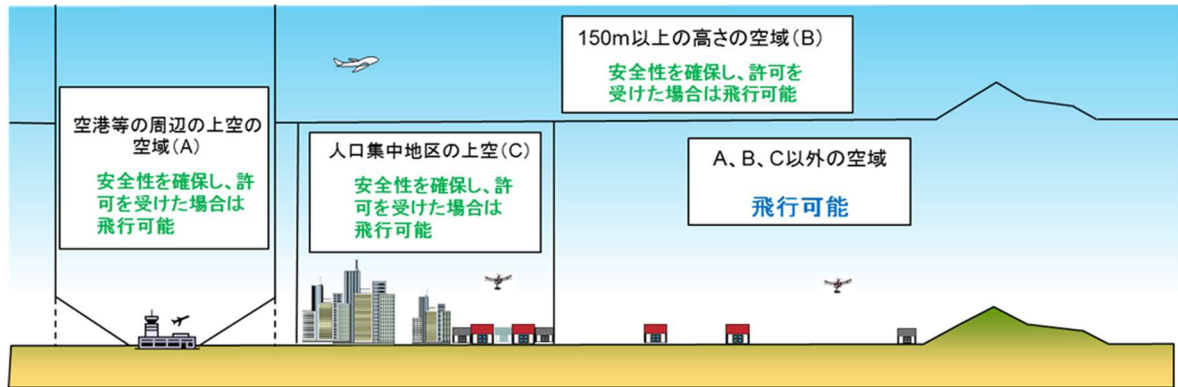
9 ドローン防除に係る関連法規と航空局への許可申請について

(1) 航空法

ドローン防除を行う場合、最も基本となる関連法規です。

以下の(A)～(C)の空域のように、航空機の航行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域や、落

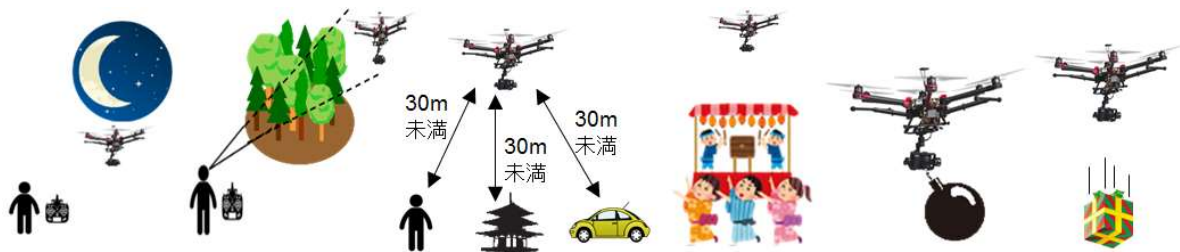
下した場合に地上の人などに危害を及ぼすおそれが高い空域において、無人航空機を飛行させる場合には、あらかじめ、国土交通大臣(航空局)の許可を受ける必要があります。



(空域の形状はイメージ)

(出典 国土交通省 Web サイト)

また、夜間飛行や目視外飛行、30m 未満の飛行、イベント上空の飛行、危険物輸送、物件投下を行う場合も、あらかじめ、国土交通大臣(航空局)の許可を受ける必要があります。



(夜間飛行) (目視外飛行) (30m未満の飛行) (イベント上空飛行) (危険物輸送) (物件投下)

(出典 国土交通省 Web サイト)

さらに、以下の点に留意し、事故の内容、フライトを行う必要があります。



(出典 国土交通省 Web サイト)

(2) 小型無人機等飛行禁止法

小型無人機等飛行禁止法においては、重要施設及びその周囲おおむね 300m の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行が禁止されています(機体重量 200g 未満のドローンも対象です)。

- ・対象施設の敷地・区域の上空(レッド・ゾーン)
- ・周囲おおむね 300m の上空(イエロー・ゾーン)

対象施設

- ・国の重要な施設等

国会議事堂、内閣総理大臣官邸、最高裁判所、皇居等
危機管理行政機関の庁舎

対象政党事務所

- ・対象外国公館等
- ・対象防衛関係施設(令和元年改正で追加)
- ・対象空港(令和2年改正で追加)
- ・対象原子力事業所
- ・大会会場等(令和元年改正で追加)→オリンピック会場等
- ・空港

(3) その他の法規

上記以外にも、離着陸やフライトに関して、道路交通法や河川法、各都道府県の条例等に留意する必要があります。

(4) 航空局への飛行許可申請の方法

航空法で規制されている飛行方法によりフライトを行うためには、事前に航空局へ申請を行い、許可を得る必要があります。ドローン防除の場合、ほ場条件によっては、30m 未満の飛行や、人口集中地区上空の飛行等が該当する場合がありますので、事前にドローン防除を行うエリアを確認し、許可が必要な場合は申請を行います。

航空局への申請は、インターネット上で行うことができます。

申請の際には、フライトマニュアル(航空局標準マニュアルは、web サイトからダウンロード可能)、申請を受けるドローンの機体番号、機体全景の写真、タブレット上でドローンのカメラからの映像が分かる写真等が必要となるので、事前に準備します。

申請は、ドローン情報基盤システム(DIPS)から行います。

<https://www.dips.mlit.go.jp/portal/>

DIPS のアカウント開設を行い、ログイン後、画面の指示に従い、申請に必要な情報を入力していきます(申請については、DIPS 上の FAQ を参照)。

申請後、航空局で内容を審査し、申請書に不備がある場合は、修正依頼がメールで来ますので、修正対応します。申請書に問題がない場合は、航空局から許可書が発行されます。

許可証は印刷し、フライト時には常に携帯する必要があります。

また、フライト実績について、3 か月ごとにDIPS 上で報告する義務があります(フライト実績がない場合でも、その旨報告する必要があります)。



(出典 国土交通省ドローン情報基盤システム Web サイト)

10 ドローン防除以外の防除法の特徴

ドローン防除は、鳥害防除法のうち、物理的防除法と心理的防除法を組み合わせた防除法と言えます。一般に、鳥害防止には、1つの防除法では困難であり、複数の防除法を組み合わせることが必要となります。

表 主な防除法と防除技術

主な防除法	防除技術
物理的防除法	防鳥網 等 テグス、エアガン、電気柵 等
心理的防除法	視覚刺激 防鳥テープ、レーザ、フラッシュ 等 目玉風船、カカシ・猛禽類を模した凧・カラス死体模型 等
	聴覚刺激 爆音機、ディストレスコール、銃声 等
化学的防除法	嗅覚刺激 刺激臭、天敵動物の匂い 等
	味覚刺激 忌避剤、カプサイシン、タンニン 等
物理的防除法＋心理的防除法	ロケット花火、ラゾーミサイル、ドローン 等
耕種的防除法	耕種対策 播種深、一斉播種、水管理、耕盤均平、周辺環境整備 等
	狩猟・個体数管理 狩猟、駆除、生息地管理 等

(1) 物理的防除法

物理的に害鳥を防除する方法で、主な防除技術としては、防鳥網、テグス、防鳥糸、電気柵等があります。鳥害対策では、現時点では防鳥網が最も効果が高く、鳥類の侵入を完全に防ぐことができます。ただし、ほ場全体に防鳥網を利用することは、大幅なコスト増となることから、水稻栽培での利用は困難です。

テグスや防鳥糸については、果樹園におけるカラスの侵入抑制や(Yoshida et al,2019)、スズメへの侵入抑制効果(山口,2020)等の研究がありますが、完全にほ場への侵入を防ぐものではありません。電気柵は、獣害に対しては高い効果が期待でき、対象獣ごとの設置法等についての知見も多くありますが、上空から侵入する鳥に対しては利用できません。

(2) 耕種的防除法

栽培管理や品種等により、被害を抑制する方法で、水稻直播栽培における播種深の調整や、栽培初期の水管理、耕盤均平による水たまりの回避、等があります。また、畦畔の草刈りや、ほ場周辺の環境整備等により、鳥類が滞在しにくい環境を作ることも耕種的防除法となります。物理的防除法の防鳥網とは異なり、完全に鳥類の侵入を防ぐ技術ではありませんが、他の防除法と組み合わせながら、被害を許容できるレベル以下に鳥類の侵入を抑えることが重要です。

(3) 心理的防除法

音や光を利用した防除方法で、目玉風船やキラキラテープ、鷹を模した凧、爆音器、ディストレスコール(鳥の悲鳴)、ホワイトノイズ等、様々な防除用品が市販されています。これらの手法は、一時的には鳥を追い払う(寄せ付けない)効果が期待できるものの、早晚慣れが生じ、心理的防除法のみでは、鳥害を防ぐことは困難です。したがって、心理的防除法は、他の防除方法との組み合わせが必要となります。

(4) 化学的防除法

忌避剤や、コート種子の利用により、鳥による侵入や食害を防ぐ防除方法です。例えば、水稻直播栽培で利用される「鉄コーティング種子」は、浮き苗を防止する効果とともに、鳥による食害を防ぐ効果もあるとされています(古畑ら,2011)。また、忌避剤としては、種子に塗布する「キヒゲン」等がありますが、鉄コーティング種子と同様に、播種時に利用する技術であり、ほ場周辺に鳥類を寄せつけない効果はほとんど期待できません。

(5) 複数の防除法の組み合わせ

これまで紹介した各防除法は、防鳥網以外については、単独の技術のみでは長期間防除効果を維持することは困難です。鳥類の防除においては、複数の防除技術を組み合わせることが重要であり、例えば、耕盤均平技術(水たまりを減少させ、ウミネコの水田での滞在数を少なくする)とドローン防除の組み合わせといった形により、防除効果を高めることが重要となります。

11 参考動画 URL(追払いの様子を動画で公開)・用語集・参考文献

(1) いわてスマート農業推進研究会チャンネル
(youtube チャンネル)



いわてスマート農業推進研究会
チャンネル登録者数 5人

・ドローンによるウミネコ追い払いの様子



・ドローンによるスズメ追い払いの様子



・自動航行によるウミネコ追い払いの様子



・自動航行ルートの設定からフライトまで



(2) 用語集

・ドローン(新語時事用語辞典より)

無人で遠隔操作や自動制御によって飛行できる航空機の総称。英語の「drone」は「(無線操縦の)無人機」あるいは「オス蜂」といった意味の語。

2015年7月に閣議決定された改正航空法では、ドローン(無人航空機)について次のように定義されている。

航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船そのた政令で定める機器であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦により、飛行させることができるものをいう。

ドローンと呼ばれる機器にはさまざまな用途、大きさ、形状の航空機が含まれる。たとえば軍用のドローンは幅十数メートルの主翼を持つ大型機であり、偵察や爆撃に用いられている。商用のドローンは幅数十センチメートル程度の小型～中型機で、回転翼機(マルチコプター)であることが多い。さらに個人向けの、いわゆるラジコン飛行機に類する小型玩具もドローンと呼ばれることがある。

商用ドローンは容易に立ち入れない場所を空撮する用途などで普及が進んでいる。また、荷物の配送システムに用いる研究なども進められている。

・ペイロード(航空軍事用語辞典++より)

厳密な日本語訳では「有償荷重」と呼ばれるが、一般には「積載量」と称することが多い。

・ウェイポイント(Wikipediaより)

ウェイポイントは、例えば、航空機のナビゲーションにおける航空路上の特定の位置を表す。固有名が付けられる。広い意味では、家庭用カーナビゲーションシステムにユーザーが自分で登録する自宅や目的地点もウェイポイントの一種である。

近年では GPS 等の GNSS の普及により、ウェイポイントの用語の使われる範囲が広がってきた。

・RTH(リターントゥーホーム)

ドローンと送信機の通信が遮断されたり、ドローン本体のバッテリー残量が低下した際に起動する、自動帰還モード。送信機のボタンを押して起動させることもできる。

・フライトモード(Phantom4ユーザーマニュアルより)

P モード(ポジショニング)

GPS 信号が強い場合は P モードの作動が最適です。機体は GPS 及び障害物検知システムを利用して、機体を自動的に安定させ、障害物の間を通り抜けたり、動く対象物を追跡したりできます。このモードでは、TapFly や ActiveTrack などの高度な機能が有効になります。

S モード(スポーツ)

機体のゲイン調整が行われるため、機体の操縦性が高まります。このモードでは、機体の最高飛行速度が 72 km/h に上がります。このモードでは、障害物検知システムが無効になる点に注意してください。

A モード(姿勢)

GPS や障害物検知システムを利用できない場合には、機体の位置決め気圧計のみを使用して、姿勢を制御します。

・GPS(時事用語の ABC より)

人工衛星を使って現在地情報を測定するシステム

地球の周回軌道上にある複数の人工衛星から発射される電波を受信し、その信号が到達する時間差を計算することで受信機の位置を知ることができる。位置として、地球上の緯度、経度、高度を測定することが可能なので、全地球測位システム(GPS)と呼ばれている。また、時間を計ることもできるので、受信機の移動速度を求めることも可能である。

GPS は、もともとアメリカ国防総省が軍事用に開発したものが、1990 年代からは、航空機や船舶の航法システム、自動車のカーナビゲーションや地理の測量など広く一般に利用されている。

測量精度は数メートル程度であるが、誤差をリアルタイムで補正する D-GPS も開発・実用化され、測距精度を高めつつある。

(3) 参考文献

- ・フィールドガイド日本の野鳥、高野伸二著、日本野鳥の会、342pp、1982年
- ・応用鳥学集報、山階鳥類研究所、vol.1～9、1981年～1991年
- ・鳥害研究会ニュース、鳥害研究会、vol.1～16、1987年～1998年
- ・鳥獣害の防ぎ方、由井正敏・阿部禎ら、農文協、338pp、1982年
- ・鳥獣害とその対策、中村和雄ら、植物防疫特別増刊号 No.3、189pp、1996年
- ・DJI 社公式 web サイト <https://www.dji.com/jp>
- ・DJI GS Pro <https://www.dji.com/jp/ground-station-pro>
- ・国土交通省 無人航空機(ドローン・ラジコン機等)の飛行ルール
https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html
- ・国土交通省 ドローン情報基盤システム
<https://www.dips.mlit.go.jp/portal/>
- ・小型無人機等飛行禁止法関係 | 警察庁 Web サイト
<https://www.npa.go.jp/bureau/security/kogatamujinki/index.html>
- ・「ドローン」による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン、平成27年9月(平成29年5月最終改定)、総務省
https://www.soumu.go.jp/main_content/000487746.pdf
- ・河川におけるドローン利用、令和元年7月 30 日、国土交通省水管理・国土保全局河川環境課
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/kentoukai/drone/dai01kai/pdf/4_drone_riyou.pdf
- ・Dronelink 公式 web サイト <https://www.dronelink.com/>
- ・Gavin R. Hunt, Michael C. Corballis & Russell D. Gray(2001). Laterality in tool manufacture by crows, *Nature* 414:707.
- ・城田安幸(1984) 目玉模様を利用した鳥害防除、植物防疫 38(11):510-513
- ・山口 恭弘, スズメの侵入抑制に効果的な糸の設置間隔, 動物の行動と管理学会誌, 2020, 56 巻,4 号, p. 105-111.
- ・Yoshida Hoshiko,Saeki Midori,Momose Hiroshi(2019)Effective line installation technique for preventing crow intrusion into orchards*Applied entomology and zoology* 54(4), 399-408.
- ・古畑 昌巳, 大角 壮弘, 帖佐 直, 松村 修(2011) 鳥害回避に関連する鉄コーティング種子の硬さ, 種子表面の色差および発芽特性, 日本作物学会紀事, 80 巻 3 号, p. 302-311.
- ・Ken Yoda1,Naoki Tomita,Yuichi Mizutanil,Akira Narita and Yasuaki Niizuma(2012) Spatio-temporal responses of black-tailed gulls to natural and anthropogenic food resources. *Mar Ecol Prog Ser* 466: 249-259.

お問い合わせ先

岩手県農業研究センター 生産基盤研究部 生産システム研究室
〒024-0003 岩手県北上市成田 20-1 TEL0197-68-4413

この内容は、農林水産省・復興庁が実施する「食料生産地域再生のための先端技術展開事業」のうち、『復旧水田における先端技術導入による水田営農の高度安定化に向けた実証研究』(JPJ000418)による研究成果に基づくものです。