

# 13. 小型無人ヘリ（ドローン） による調査

## 1) 技術の概要

小型無人ヘリ（ドローン）は、GPSによる自律飛行を行うことで圃場上空から鮮明な空撮画像を得ることができます。栽培イネ、漏生イネ、雑草イネは植物学的に同種であるため、葉の形や色の違いはありませんが、移植ラインから外れた個体を空撮画像から検出することで、雑草イネもしくは漏生イネの発生圃場を簡易に知ることができ、防除対策が必要な圃場をピックアップできます。ここではドローン空撮画像を利用した漏生イネ・雑草イネの検出技術の紹介と飛行及び撮影に必要な注意点を記します。

## 2) 必要な資材・機材・条件等

### (1) 使用機材

使用するドローンの機体とカメラは、市販機種（DJI 製 Phantom シリーズ）と本体に付属している RGB デジカメを使用します（図 1-A）。DJI 製のお他機種でもほぼ同等の使い方が可能です。

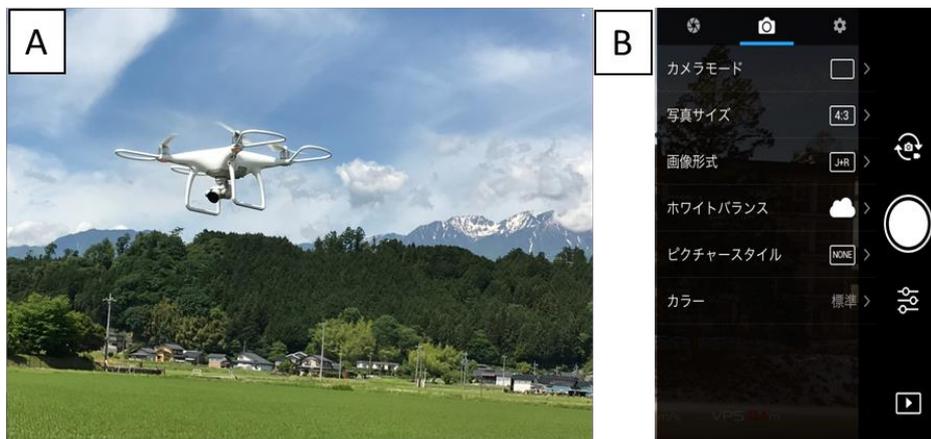


図1. Phantom4による観測(A)とDJI GO4によるカメラ設定(B).

### (2) 機材の設定（機体動作確認、GPS 捕捉、カメラ設定）

現地でドローンによる観測を行う前に、ドローン本体の動作確認を行います。ドローンの設定は送信機にタブレットもしくはスマートフォンを接続し、設定用アプリ DJI GO4(iOS、Android)を起動します（図 1-B）。DJI GO4 では本体と送信機のファームウェア、バッテリー状態、GPS 衛星の捕捉数（通常は 14～18 個）を確認し、機体のコンパスキャリブレーション

ョンを行います。カメラは表 1 を参考に設定します。1 枚の画像サイズは画像形式が JPG の場合で 3~4MB 程度となります。通常の撮影は JPG 形式で十分です。

表1. 空撮に必要な機材とカメラ設定

機体	Phantomシリーズ, MarvicProなど	画像保存	MicroSD HC1 (16GB以上)
送信機	本体付属	撮影モード	シングルショットもしくは連写
送信機装着端末	iOSもしくはAndroid端末	画角	4:3
機体制御アプリ	DGJ G04	解像度	4000x3000pix
バッテリー	本体付属及び予備数本	画像形式	JPG
レンズフィルター	ND4など減光フィルター	ホワイトバランス	晴天もしくは曇天モード
自律飛行設定アプリ	DJI GS Pro (iOSのみ)	画像確認アプリ	ImageJ, QuantumGISなど

(DJI GS PRO の入手 <https://www.dji.com/jp/ground-station-pro/info>)

### (3) 飛行ルートとカメラ角度の設定

ドローン飛行制御アプリ (DJI GS PRO) で飛行エリアの地図を表示したのち、カメラモデル (DJI 製の機体とカメラを選択)、飛行ルート (スタート地点、撮影範囲、終点) と飛行高度 (m)、飛行速度を設定します。このとき、飛行時間はドローンのカタログ性能の 80% 以内 (概ね 20 分以内) に設定してください。写真のキャプチャーモードは「一定間隔での撮影」もしくは「一定時間での撮影」を選びます。DJI GS PRO の Advanced モードで、進行方向と飛行経路間のオーバーラップ率を指定します。ここでオーバーラップ率を 10% まで下げることによって広域エリアでの撮影が可能になります。事前設定が終わったらミッションを保存し、ドローン本体へミッションを転送します (図 2)。



図 2 DJI GS PRO を用いた飛行ミッションの設定

ドローン本体の GPS 捕捉状態と現在位置を地図で確認し、周囲の安全が確認できたら自律飛行させます。

#### (4) ドローンを用いた広域調査法・詳細調査法

雑草イネ発生圃場の撮影時期は、水稻移植後1ヶ月前後の田面が良好に見える頃が適しています。

ドローン広域調査法：DJI GS PRO の Advanced モードで、カメラ角度を水平から少し下向き（ジンバルピッチ角=-15.0° 前後）に設定し、人が圃場を眺める視点に近づけます。図3には、約4.73ha 圃場を13.2分で飛行させるミッション(調査面積効率=35.8a/min)で、高度12m、飛行速度5m/s、撮影間隔2s（10m直進するごとに1枚撮影）の条件で、条間に生育する雑草イネ・漏生イネの個体の確認を行った事例を示しました。カメラ角度を水平に近くして撮影すると、圃場での個体の認識が容易となります。

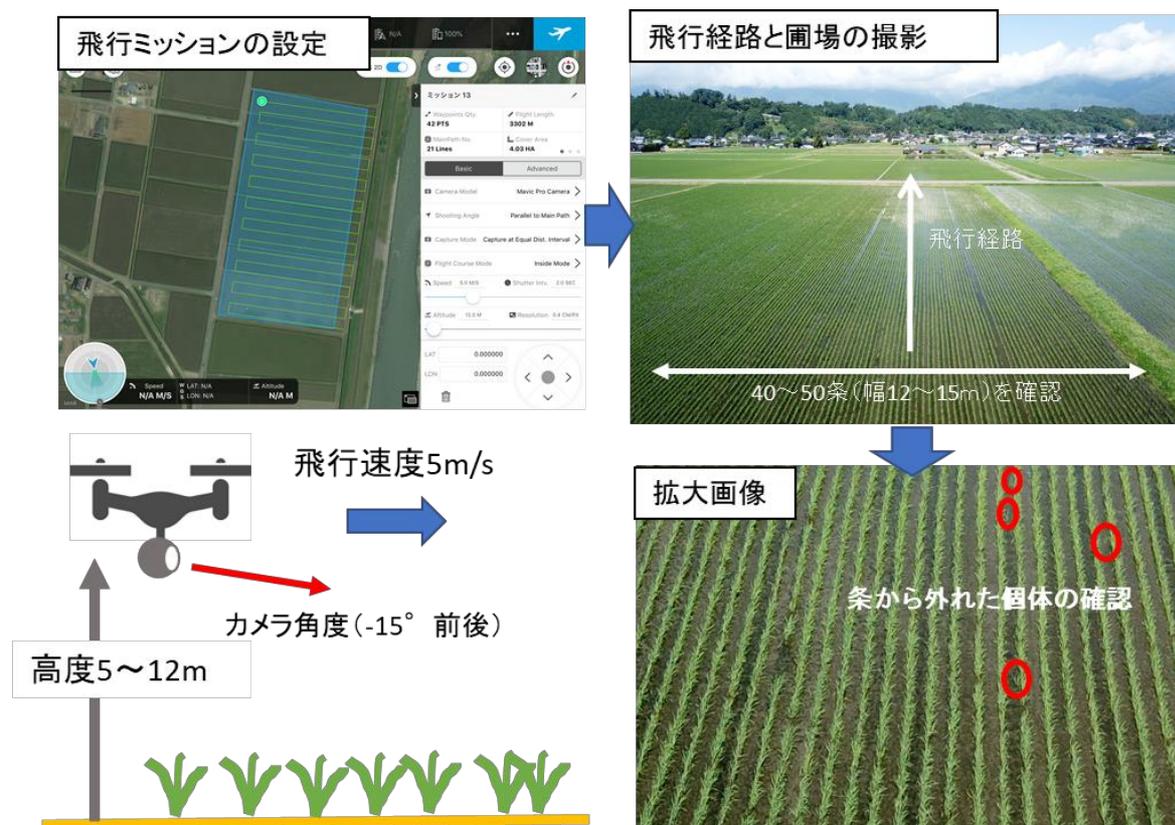


図3. カメラ角度-15° に設定したときの飛行ミッションと個体検出

ドローン詳細調査法：DJI GS PRO の Advanced モードで、カメラ角度を真下（ジンバルピッチ角=-90°）に設定し、航空写真に準じた撮影を行います。図4には、約52a 圃場を11.9分で飛行させるミッション(調査面積効率=4.4a/min)で、高度12m、飛行速度4m/s、撮影間隔2sの条件で、条間に生育する雑草イネ・漏生イネの個体の確認を行った事例を示しました。ドローン詳細調査法では機体を移動させながら撮影するため、条件によってはピントが不鮮明な画像が取得されます。飛行高度を下げるとより解像度の高い鮮明な画像を取得できますが、圃場全体をカバーするには撮影枚数が多くなります。ドローン詳細調査法では個体発生位置の特定が可能となります。

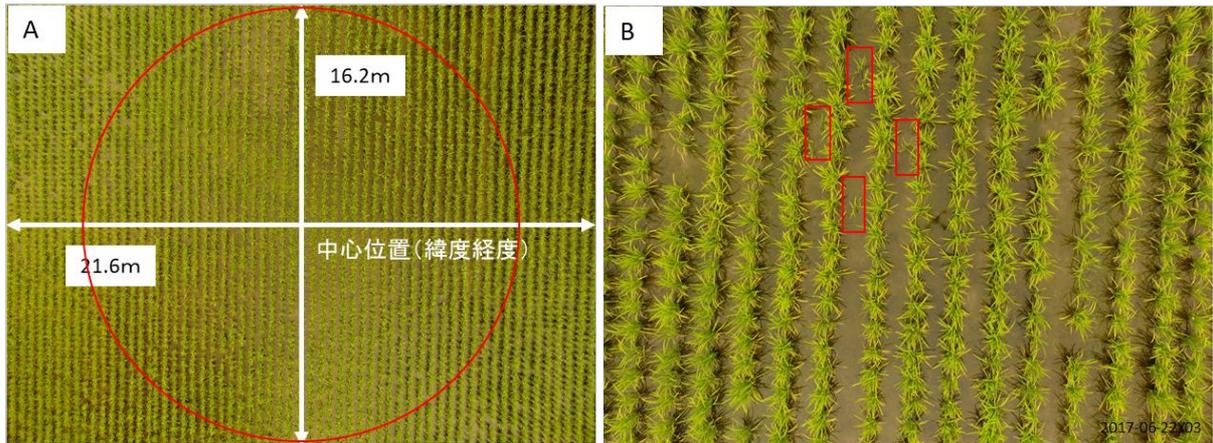


図4. カメラ角度-90°（直下視）に設定したときの撮影範囲と個体検出

#### (5) EXIF を利用した発生圃場の確認

ドローンで撮影した空撮画像には撮影位置の緯度経度が画像ファイルの EXIF に保存されます。フリーソフトの IrfanView (<https://www.irfanview.net/faq.htm>) で撮影画像を表示したのち、画像のインフォメーションボタンを押します。画像のプロパティが表示されるので、左下の EXIF Info ボタンを押し、さらに「Show Google Maps」ボタンを押すと、撮影地点が GoogleMap に表示されます。位置情報の確認と共有は画像そのものを共有することで実施できます。



図5. 空撮画像の EXIF を利用した撮影位置のマップ表示

### 3) 期待される効果

#### (1) 空撮画像を利用した雑草イネの検出

空撮画像を使うことで、これまで発生を見落としていた圃場内での発生状態を検出することができます。ドローン空撮画像には緯度経度が EXIF に保存されるため、地図化をスムーズに行うことができます。

#### (2) ドローンを利用した調査効率

広域調査法によって水田圃場約 5ha 程度のエリアを撮影する場合、カメラ角度を $-15^{\circ}$ 、飛行速度を 4~5m/s、飛行高度 10~12m に設定した場合、調査面積効率は 27~36a/min、調査精度は 80~86% となります。カメラ角度を $-90^{\circ}$ 、飛行速度 2m/s、飛行高度を 25m に設定した場合、調査精度は 75% 前後、調査面積効率は 30a/min 程度となります。詳細調査法では調査面積効率は約 5a/min、調査精度は 80~100% となります (表 2)。

表 2 ドローン広域調査法と詳細調査法の撮影条件、調査面積効率、調査精度の比較

手法	撮影日	飛行高度 (m)	飛行速度 (m/s)	カメラ角度 (Degree)	圃場面積 (a)	飛行距離 (m)	飛行時間 (min)	調査面積効率 (a/min)	調査精度 (圃場カバー率%)
広域調査	2018-06-08	12.0	5.0	-15.0	473.0	3302.0	13.2	36.0	86.1
広域調査	2018-06-08	10.2	4.3	-15.0	467.6	3485.0	16.3	27.9	80.6
広域調査	2018-06-12	25.0	2.0	-90.0	564.8	1489.0	17.6	32.0	74.8
広域調査	2018-06-12	25.0	2.0	-90.0	552.4	1546.0	18.3	28.7	77.4
詳細調査	2017-06-22	12.0	4.0	-90.0	52.2	697.0	11.9	4.4	95.0
詳細調査	2017-06-27	15.0	4.7	-90.0	80.2	1016.5	13.6	5.9	83.0

要素技術 13 (p.61~) で示した改良型調査法と本章で示したドローンによる調査法について調査精度、調査効率を比較すると表 3 のようになります。調査範囲や検出精度に応じて、調査方法を選択する必要があります。

表 3 雑草イネ・漏生イネ発生調査方法の比較.

調査方法	調査精度 (圃場カバー率%)	調査効率 (a/min)	調査精度x調査効率	適用場面
従来型 <sup>1</sup>	100	2	200	雑草イネ初発地域
改良型 (車窓調査法) <sup>1</sup>	5	10	50	雑草イネ多発地域
ドローン広域調査	70~90	30	2100~2700	雑草イネ・漏生イネ発生圃場特定
ドローン詳細調査	80~100	5	400~500	雑草イネ・漏生イネの圃場内分布

1: 細井ら (日作記, 83 (別) 208-209, 2014年)

#### 4) 注意点 (変動条件等)

##### (1) 太陽光の田面反射と風の影響

晴天時に太陽が真上にあるときに撮影すると太陽光反射で田面の状態が確認できないことがあります (図 6)。撮影時の天候は薄曇りが最適で、午前中の早い時間帯に撮影します。太陽光の反射を軽減するため、ドローンのカメラに減光フィルターをつけることも有用です。

ドローン飛行の注意点としては、強風時の飛行は避けることです。多くの地域では夏の午後になると風が強くなることがあります。風速は最大で 6m/s 以下、できれば 3m/s 程度までが望ましい条件です。

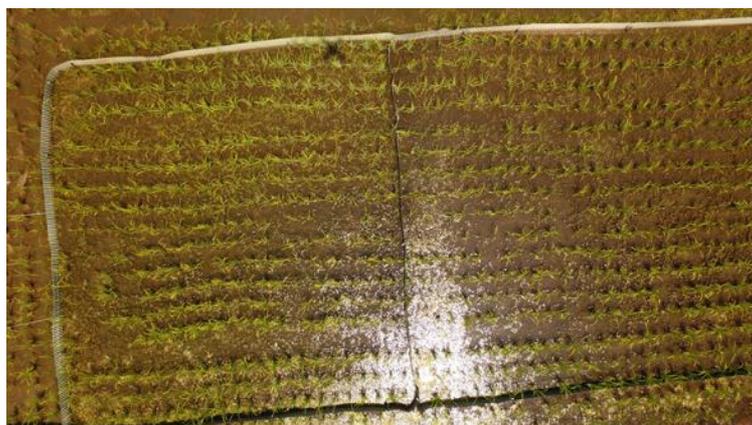


図6. 太陽光の反射により確認が困難な空撮画像。

##### (2) 雑草イネ・漏生イネ・栽培イネの区別

雑草イネ、漏生イネ、栽培イネは植物分類学的には同じ種で、葉色や草型に違いはありません。空撮画像では移植ラインから外れた個体、植えた覚えのないイネを検出しているため、現地調査と合わせた情報収集が必要です。

##### (3) 飛行制限エリア

改正航空法により、高度 150m 以上、飛行場周辺、住宅密集地、イベント会場周辺での飛行には制限があります。飛行制限エリアで撮影を行うときには国土交通省へ許可申請を出す必要があります。飛行禁止エリアの確認と許可申請の方法については下記サイトを確認してください (<https://www.sorapass.com/map/>)。

##### (4) 画像解析

表 3 に示した調査効率には画像処理にかかる時間は含まれていません。PC のスペックや解析スキルによって大きく異なります。広域調査法で動画を撮影し、大型のモニターや TV 画面で確認する場合には、特殊な画像処理は不要です。

## (5) 対応機種

ドローンの自律飛行支援アプリ（DJI GS PRO）の適用外となる機種があるため、本調査を実施するときには適用対応機種を確認する必要があります。

## 5) 参考文献等

---

- ・渡邊 2016. ドローンによる雑草・病虫害発生の早期発見（植物防疫、70(12):46-50）
- ・渡邊ら 2017. ドローン空撮画像処理による雑草イネの効率的検出法の検討（日本雑草学会 第 56 回大会講演要旨集:57）
- ・DJI 製ドローンの自律飛行アプリ：DJI GS PRO (<https://www.dji.com/ground-station-pro>)
- ・撮影画像の地図表示：IrfanView (<https://www.irfanview.net/faq.htm>)
- ・ドローン専用飛行支援地図サービス：飛行制限エリア (<https://www.sorapass.com/map/>)
- ・国土交通省 無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全な飛行のためのガイドライン (<http://www.mlit.go.jp/common/001228024.pdf>)