

水稲除草剤試験での薬害評価におけるドローン空撮画像の利用

農研機構九州沖縄農業研究センター
大段 秀記

はじめに

農業登録に係る薬効・薬害試験では、試験に供試される薬剤の効果及び薬害を客観的なデータで示す必要がある。除草剤の効果については、処理の一定期間後の残草重量が調査され、客観的なデータとして利用される。一方、処理後の薬害の症状や程度については目視調査が行われており、最終的には収量調査によるデータが示されるものの、評価者による主観によるところが大きい。また、水稲を対象とした試験では暑い時期の調査となり、試験区が多い場合には圃場に設置した細い足場を歩いて一つ一つの処理区を調査しなくてはならず、多大な労力を必要とする。そのような背景から、省力的で客観的な薬害評価方法の開発が望まれている。上空から圃場を俯瞰的に撮影できるドローンは、試験圃場の観察に利用できると考えられるが、未だ確立された調査方法はない。

ドローン利用に関する研究開発は目覚ましく、センシング分野では生育診断、病害虫の早期発見技術の開発が進んでいる。一般的な空撮用ドローンには可視光カメラが搭載されているが、センシング用ドローンでは、複数波長の反射率画像が撮影できるマルチスペクトルカメラや熱画像カメラも搭載可能である。これらのカメラを使用すれば、可視光カメラでは捉えることができない情報を取得することが可能であり、例えば植被率や植生指数などの数

値データの算出も可能である。そこで、実際の水稲用除草剤の薬効・薬害試験圃場を対象にドローンで空撮を行い、空撮画像の解析結果と評価者による目視調査の評価を比較し、ドローン空撮画像を利用した薬害評価方法の可能性を検討した。なお、本稿は「九州の雑草」第51号に掲載された「ドローン空撮画像解析による水稲除草剤試験での薬害評価」を再構成したものであることをご了解いただきたい。

調査対象圃場及び耕種概要

試験は2020年に実施した。6月11日に移植した植調福岡研究センター（福岡県久留米市）の水稲用除草剤の適1試験圃場（約90a）を対象とした。薬剤処理区は191区で、各区3反復であった。無処理区は13反復、対照区は16反復であった。試験調査枠は $1.8\text{m} \times 2\text{m} = 3.6\text{m}^2$ であった。

ドローンによる空撮の概要

可視光画像、熱画像、マルチスペクトル画像による薬害評価方法の可能性を検討するため、以下の2台のドローンを使用して空撮画像を取得した。

① ANAFI Thermal (Parrot 社、以下 AT)

ATは可視光カメラと熱画像カメラを搭載しており、両カメラを切り替えて各画像を撮影することができる。可視光カメラは2100万画素の画像を取得可能で、熱画像カメラは $-10 \sim +$

400°C まで測定できる。飛行操作に利用したフライトアプリは、可視光カメラによる自律飛行での連続撮影にはPix4D Capture (Pix4D 社)、手動による静止撮影にはFreeFlight6を使用した。熱画像カメラを利用した撮影は、手動による静止撮影のみとしてFreeFlight6を使用した。自律飛行による連続撮影の高度は30mとし、静止撮影は任意の高度で行った。

② P4Multispectral (DJI 社、以下 P4M)

P4Mはマルチスペクトルカメラを搭載し、可視光及び5波長（青、緑、赤、レッドエッジ、近赤外）の画像を取得できる。フライトアプリはGSPro (DJI 社) を使用し、高度30mで自律飛行による連続撮影を行った。計画では、6月22日から7月末まで定期的に撮影する予定であったが、P4Mのカメラトラブルのため、6月22日（移植後11日目）、7月22日（移植後41日目）、7月31日（移植後50日目）の3回のみの撮影とした。

空撮画像の解析

連続撮影画像の合成、マップ化するためのマッピングソフトにはPix4Dmapper及びPix4Dfields（いずれもPix4D 社）を利用した。解析に利用する植生指数は、最も代表的な正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index、以下NDVI）とした。各調査枠のNDVIの算出にはPix4Dfields及びフリーソフ

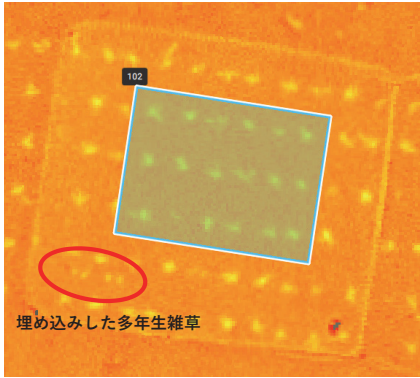


図-1 マッピングソフト上で調査枠内のNDVIを算出するために範囲指定した様子

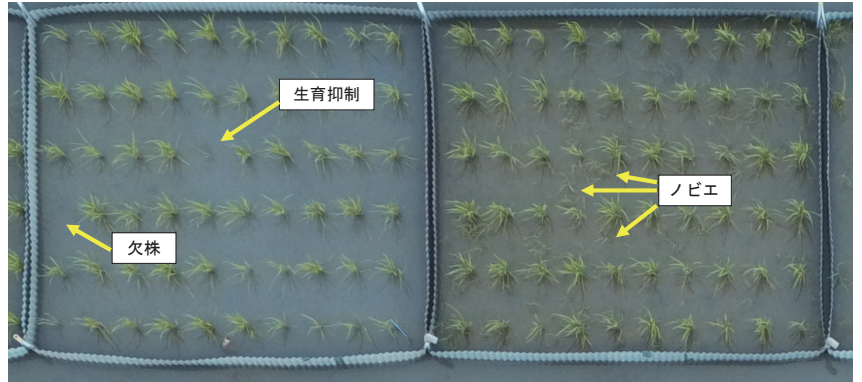


図-2 高度約10mから可視光カメラで撮影した調査枠内の静止画像(7月1日にATで撮影)

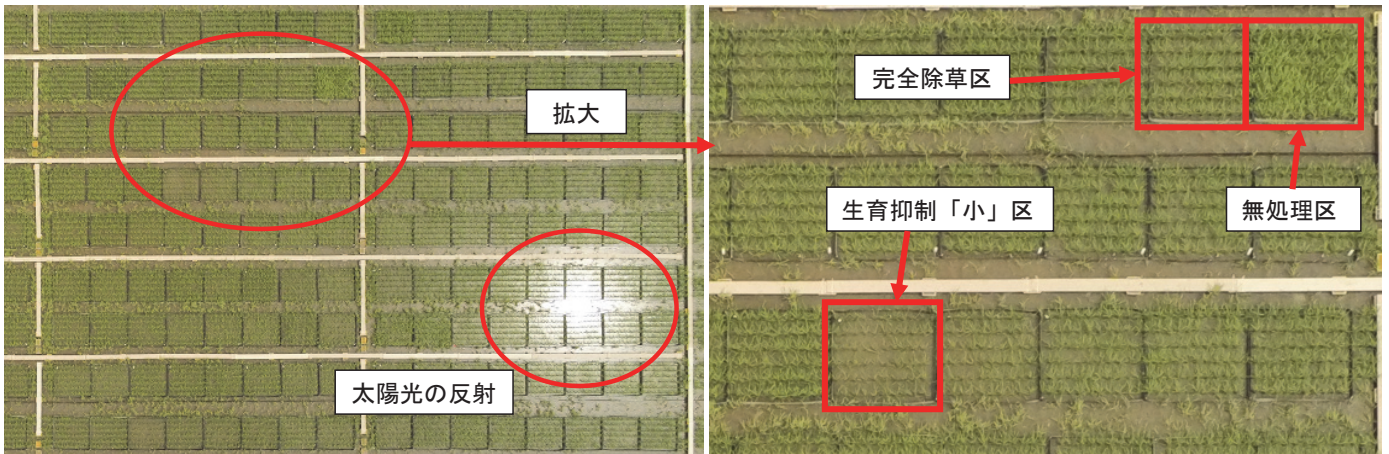


図-3 高度約56mから可視光カメラで撮影した静止画像(7月9日にATで撮影、左は全体、右は拡大)

トのQGISを利用した。各調査枠内には6条の水稲が含まれるため、両端の2条を除き、さらに、1条目と2条目の条間に多年生雑草が埋め込まれているため、それを含まないように3～5条目の3条を含む0.9m×1.2mの枠内(図-1)で算出した。

薬害の目視調査

薬害の目視による害徴程度の調査(以下、目視調査)は、福岡研究センターが行う通常の見視調査で、移植後10日(+10, 6月21日), 24日(+24, 7月5日), 40日(+40, 7月21日)に実施された結果を利用した。

可視光画像による薬害の評価の検討

1回目の目視調査である移植後10日前後では植物体が小さく、また、田面水による太陽光の反射の影響が大きいことから、空撮画像による初期薬害や処理区間差の検出は困難であった。2回目の目視調査に近い移植後20日目に取得した高度約10mからの可視光画像を図-2に示す。水稲や雑草の生育が進み、水稲と雑草の識別や欠株、生育抑制株の確認が可能である。雑草の種類については、ノビエと広葉雑草という大まかな識別は可能であるが、個別草種の識別は困難である。移植後28日目に高度約56mからの

可視光画像を図-3に示す。残草の多少や水稲の生育のよし悪しなどを視覚的に捉えることは可能であるが、草種の識別は困難であり、水稲の生育を定量的に評価することも難しい。

熱画像による薬害の評価の検討

図-4に移植後41日目に取得した熱画像を示した。熱画像は水稲の生育差よりも水温の影響を強く受けており、処理区間差を判別することは難しい。特に、水口付近の水温は顕著に低くなり、熱画像を薬害の評価に利用することは困難である。

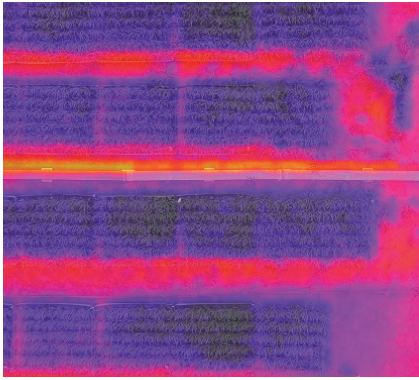


図-4 高度約17mから熱画像カメラで撮影した静止画像
(7月22日にATで撮影)

マルチスペクトル画像による 薬害の評価の検討

目視調査結果と空撮画像から算出したNDVIの対応関係を表計算ソフト(Microsoft Excel)で作成した箱ひげ図でまとめた図を図-5に示す。横軸は無処理区、完全除草区及び薬剤処理区の日視調査結果(0:薬害無, 1:薬害微, 2:薬害小)を表し、縦軸はNDVIである。目視調査日とドローンの空撮日が一致しなかったため、6

月21日の目視調査結果と6月22日のNDVI, 7月5日の目視調査結果と7月22日のNDVI, 7月21日の目視調査結果と7月22日及び7月31日のNDVIの対応関係を示す。

6月21日の目視調査結果と6月22日のNDVIでは明確な傾向は認められないが、それ以外では、目視調査で薬害ありと判定している処理区ほどNDVIが小さい傾向が認められる。また、完全除草区と薬剤処理区を比較すると、完全除草区の第一四分位(25パーセント)よりも小さい場合に薬害微(目視調査で1と判定)、最小値よりも小さい場合に薬害小(目視調査で2と判定)と判断している傾向にある。そこで、このNDVI基準、

つまりに完全除草区の第一四分位よりも小さいNDVIになった場合に薬害微, 最小値よりも小さいNDVIになった場合に薬害小, と機械的に薬剤処理区の調査枠を判定した結果(以下, NDVI基準結果)と目視調査結果との一致程度を図-6に示す。

目視調査結果とNDVI基準結果が一致(±0)した割合は、6月21日の目視調査結果と6月22日のNDVI基準結果では約35%と低かったが、それ以外の組み合わせでは60%以上となった。特に、調査日がほぼ同じ7月21日の目視調査結果と7月22日のNDVI基準結果との一致割合は約74%と高かった。7月5日の目視調査結果と7月22日のNDVI基準結果、

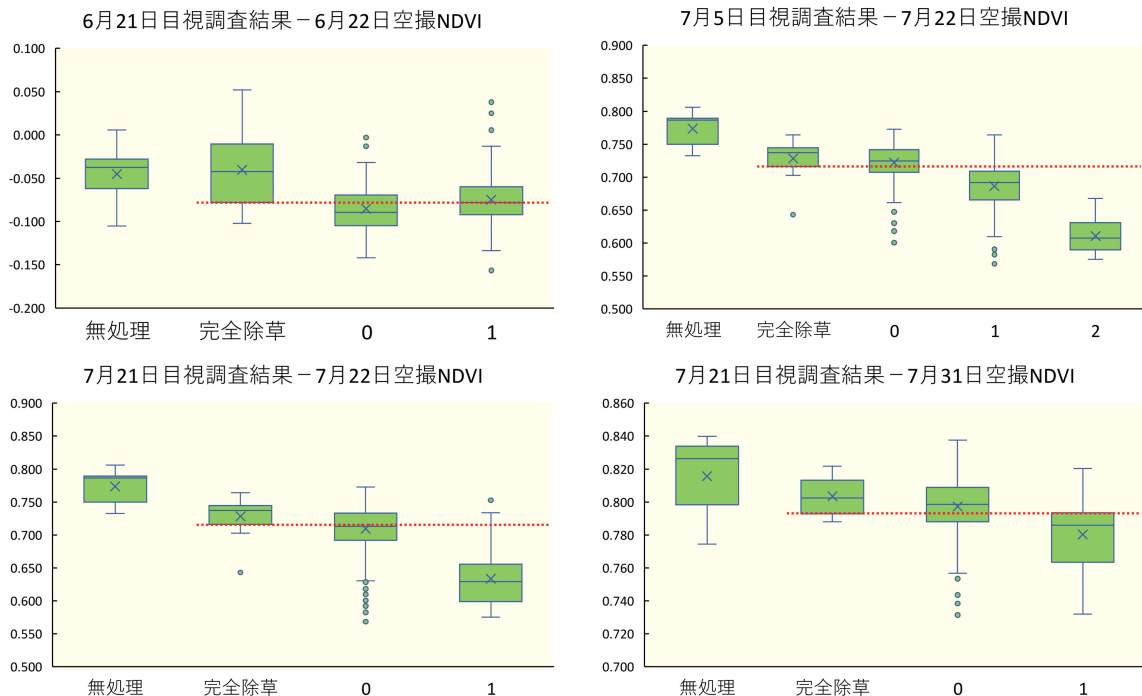


図-5 薬害の目視調査結果とNDVIの対応関係
(横軸の目視調査結果で、0は薬害無、1は薬害微、2は薬害小を表す。縦軸は調査枠内のNDVI)

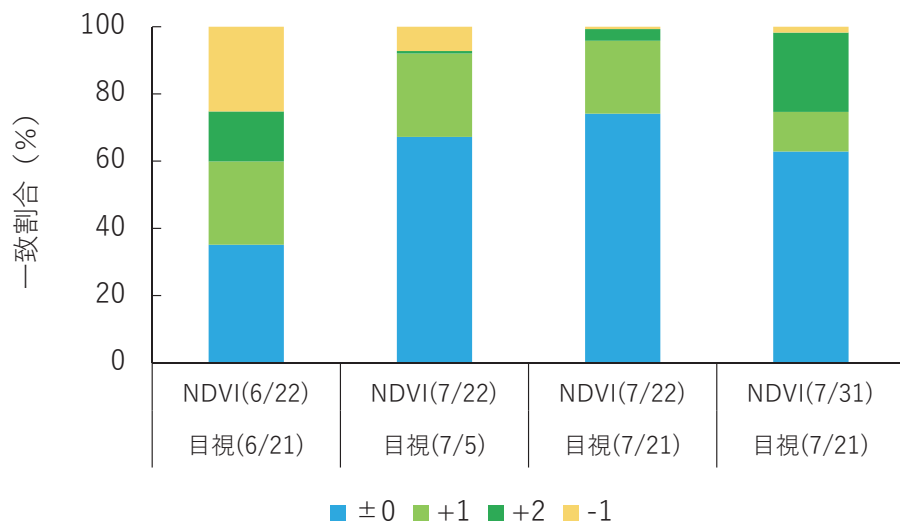


図-6 薬害の目視調査結果と空撮画像から算出したNDVI基準で機械的に判定した結果との一致割合

(「NDVI」は括弧内の日付で取得したNDVI基準で機械的に判定した結果を表し、「目視」は括弧内の日付で行った目視調査結果を表す。±0は一致した割合、+1はNDVI基準が目視調査より一段階重く判定した割合、+2は同二段階重く判定した割合、-1は同一段階軽く判定した割合を示す。)

7月21日の目視調査結果と7月31日のNDVI基準結果については、調査日にタイムラグ（前者が17日、後者が10日）があるため、一致割合はやや低くなった可能性がある。

6月21日の目視調査結果と6月22日のNDVI基準結果については、調査日が近いにも関わらず他の組み合わせと比較して明らかに低かった。調査日が移植後約10日ということで植物体が小さく、空撮画像では明確な生育差を検出できなかったと考えられる。また、葉鞘褐変等の害徴はマルチスペクトル画像では検出が困難であった。

7月5日及び7月21日の目視調査結果とNDVI基準結果が一致しなかった処理区については、目視調査結果よりもNDVI基準結果のほうが、薬害程度を大きく（+1または+2）判定する傾向が高く、一致割合が最も高かった7月21日の目視調査結果と7月22日のNDVI基準結果では2段階大きく判定（+2）した割合は約3%であった。

まとめ

移植後10日程度では水稻の植物体が小さく、ドローンの空撮画像を薬害調査に利用することは困難であったが、移植後3週間程度であれば、可視光カメラを利用して10m程度の低高度から撮影した静止画像から調査枠内の欠株、生育抑制株、残草状況の把握が高精度で可能であることがわかった。ただし、葉鞘褐変や葉身の黄化等の害徴の把握は難しい。また、高度30mでの自律飛行で撮影した画像から生成したオルソ画像では、個別の枠内の詳細な状況把握は難しいものの広範囲を俯瞰的に確認することは可能であった。

マルチスペクトル画像から算出したNDVIを基準にした薬害判定結果は、水稻の生育が一定程度進めば目視調査結果と高い一致割合を示したことから、有用性はあると考えられる。ただ

し、完全除草区の第一四分位（25パーセンタイル）を判定基準として利用しており、完全除草区を一定数設定する必要がある。また、NDVIは太陽高度や天気（晴れか曇りか）の影響を受けるため、絶対値での判定は難しい。

今回の試験では目視調査日に合わせてドローン空撮画像の取得ができなかったが、同日のデータによる検証を複数年行えばさらに精度は高まると期待される。それでも、従来の目視調査を完全に代替することは難しいかもしれないが、客観的なデータによる判定ができることから評価者の違いによる「フレ」はなくなる。また、調査時の試験調査枠の状況をデジタル情報として省力的に保存可能で、後から再検証できることは大きなメリットである。

※本成果は（公財）日本植物調節剤研究協会「植物調節剤の研究開発事業に関わる試験研究課題」によって行ったものである。また、目視調査結果については、福岡研究センターから快くご提供いただいた。ここに記して感謝します。

参考文献

大段秀記 2022. ドローン空撮画像解析による水稻除草剤試験での薬害評価. 九州の雑草 51, 10-13.