

点群データを用いたイネと雑草の分離およびバイオマス量の推定に関する研究  
—無農薬・無化学肥料の農業の成立要因評価の一環として—

佐藤 響平 後藤 真太郎  
立正大学 地球環境科学部

## 1. はじめに

近年、SDGs を指標とした持続可能な社会・農業の観点から高付加価値な農業形態や無農薬・無科学肥料の農業が注目されているが、現状このような農業形態に対する栄養素の供給や消費量の関係、これに伴う収量関係等は十分に研究がされておらず、農業従事者の経験的な栽培が主である。

しかしながら農林水産省の発表では 2050 年までに農地の 25%を有機農地に転換する政策や来年度より有機農家への補助金が計画されており [1]、経験と勘に頼らない無農薬・無科学肥料の基本的な方法が必要とされる。

本研究では、無農薬・無化学肥料の農業の成立要因評価の一環として、面的かつ詳細に地物情報を取得できる UAV 観測の特性を利用して、撮影した画像から圃場内点群データを作成し、これを元に圃場内植生の調査と解析を行う。

その中で、水稻収量に対して高い相関関係が認められているバイオマス量に着目し、生育したイネと雑草のバイオマス量の推定を試みた。

## 2. 研究方法

### 2.1. UAV による研究対象地の撮影と補正

本研究では、UAV (DJI 社 MavicPro) にマルチスペクトルカメラ (Parrot 社 Sequoia) を搭載し、高度を 30m、オーバーラップ率を 60% に設定後、観測対象地の上空を空撮した。これにより Green (550-590nm) ・ Red (660-700nm) ・ Red-edge (735-745nm) ・ Near Infrared (790-830nm) の 4 つのスペクトル反射画像と UAV 自体に搭載されているカメラの RGB 画像、計 5 種の画像を複数枚取得した。各画像は、UAV の撮影地点により地物の位置や形状にずれが生じているため、Agisoft 社 Metashape Professional を用い点群処理とオルソ補正を行い 1 つのオルソ画像に処理後、コンポジットした。

なお、本研究の対象地は埼玉県熊谷市にある無農薬無肥料農地、対象品種は (彩のかがやき) を用いた。観測期間は 2019/7/15~2019/11/15。

### 2.2. NDVI 画像を用いたイネと雑草の分離

#### 2.2.1. 分類に用いる水稻株基準点の作成

リモートセンシングでは光が物体から反射する際の特徴的な反射率の特性 (分光反射特性) をも

とに対象物や地域の計測・観測・解析を行うのが一般的な方法である [2]。

本研究では、観測したマルチスペクトル画像に NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 正規化植生指数を算出して解析を行った。

NDVI は植生の活性度を -1 から 1 に正規化した指標である。1 に近いほど植生の活性度は高く、クロロフィルの量が多いとみなされ、植生自体の活性度の比較や、植生と植生以外の判別に用いられる。

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) 正規化植生指数は

$$NDVI = \frac{(NIR-Red)}{(NIR+Red)} \dots (1)$$

で表すことができる。

ここで、NIR は近赤外反射率、Red は赤色反射率を示す。

イネと雑草の分離にあたって、単純な NDVI 画像の比較で分離を試みたが、水田に繁茂する雑草の多くがタイヌビエ等の同じイネ科の植物であり、NDVI 値に違いがみられず、この手法による分離は困難であった。

そのため、水稻株の基準点 (以下基準点) を設け、この基準点を元に処理対象日ごとの水稻の上方葉面積を算出し、水稻を判別する手法を用いた。

基準点は水稻株のみを対象とするため、雑草が繁茂している期間の画像データは使用できない。よって基準点の作成にはイネの収穫後 (2019/11/15) の圃場内 DSM 画像と RGB 画像を用いた。イネの収穫時 (2019/9/21) に、圃場面から 10cm 程度株を残して収穫を行った。収穫後の RGB 画像から圃場内 DEM 画像を作成し、圃場面から 10CM 程度高い地点を水稻株跡とした。

このとき、対象の DSM 画像に対して 9\*9 ピクセルの最大値フィルタ処理を行い、カーネルが重なった範囲で最大値のピクセル出力になるように処理した。

フィルタ処理によって出力されたポリゴンの重心を求めることで各水稻株跡の重心を抽出し、この中心位置をイネ株の基準点とした。

この処理で作成した基準点は栽培期間中は位置が不変であったと仮定し、観測期間中の画像処理

に適用した。

### 2.2.2. 水稻と雑草の分離

基準点上にあり、NDVI 値の高いピクセルを持つ範囲が水稻のピクセル範囲とした。ただし、雑草が繁茂して、範囲の特定ができない水稻株も存在したため、基準点をランダムに選出し、選出された基準点上に重なる NDVI 値の高いピクセル範囲の直径を計測し、平均を求めた。ここで得られた平均値を水稻株の平均上方葉面積とし、各基準点に割り当てた。基準点を中心とした平均上方葉面積のラスタマップを作成し、この平均上方葉面積の範囲に重ならない高 NDVI ピクセルを雑草のピクセルとて、各ピクセルをそれぞれクリップ抽出して分割した。

以上の処理を観測毎の NDVI 画像に適用し、時系列の水稻と雑草のラスタデータを作成した。

### 2.3. バイオマス量の推定計算

バイオマス量とは体積に対象体の密度を掛け合わせて求める生物体量（乾物量）を指す。

2.2 までの方法によって、対象期間の水稻、雑草それぞれの面積を株単位で求めた。

ここに観測毎に作成した DSM と 2019/9/21 に採取したサンプルから得られた生物体量（乾物量:2g/cm<sup>3</sup>）を掛け合わせて水稻、雑草それぞれのバイオマス量を算出した。

## 3. 結果

収穫時（2019年9月21日）の水稻株は3442株で、総バイオマス量は165216kgであった。対して雑草は収穫時にはほとんど除去されたため、計算を行わなかった。観測期間中最も雑草が繁茂していた日時は2019/8/26であり、この時のバイオマス量は6532kg、水稻のバイオマス量は77445kgであった。

## 4. 今後の展望

本研究では、雑草と水稻のバイオマス量に着目し、その推定を試み、概算値を算出した。しかしながら、本研究の手法では、植物体の上方の面積に DSM を掛け合わせているだけであるため、実際のバイオマス量とかなりの誤差が生じている。この誤差を解消するためには、株に対する茎数、収量、高さ方向への生長量（DSM）、上方葉面積の関係性を求め、誤差を小さくする補正係数を求める必要がある。

また、水稻や雑草など植物体の生長には、日射量、水量、土壌成分など様々な環境要因が大きく影響し、複雑な関係性を構築しているため[3]、これらの関係性・影響度も求める必要がある。

水稻と雑草の識別のために DSM 画像と NDVI 画像を用いて植物体の上方の面積を求めたが葉単位での面積は抽出することができず誤差が大きい。

そこで新たに深層学習による画像認識を用いた水稻と雑草の判別と検出を今後の課題として考えている。先行研究では、油ヤシを自動検出する研究が多く、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）や SVM 分類器等が用いられている [4] [5]。

画像分類における物体検出において、データセットの作成は結果の精度に直結するため、重要なプロセスである。

本研究では、植物体の観測は株単位で行う手法のため、撮影高度は 30m であったが、深層学習による物体検出のためのデータセット作成の際は、葉の形状がある程度必要である。よって、どの程度の分解能（高度）の画像が適しているか判断するため、分解能の比較を行う必要がある。

### 参考文献

- [1] 農林水産省 みどりの食料システム戦略, <https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/index-7.pdf>, P28(参照日 2021/9/26)
- [2] 井上吉雄・坂本利弘・岡本勝男・石塚直樹・David Sprague・岩崎亘典, 農業と環境調査のためのリモートセンシング・GIS・GPS 活用ガイド, 森北出版株式会社, 2019/1/23
- [3] 佐藤響平, 水田管理における GIS の適用手法に関する研究-谷津田での自然栽培農業への適用-, 立正大学地球環境科学部環境システム学科, 2018
- [4] Nurulain abd Mubin・Eiswary Nadarajoo・Helmi Zulhaidi Mohd Shafri・Alireza Hamedianfar, Young and mature oil palm tree detection and counting using convolutional neural network deep learning method, International Journal of Remote Sensing Volume40, 2019
- [5] Yiran Wang・Xiaolin Zhu・Bo Wu, Automatic detection of individual oil palm trees from UAV images using HOG features and an SVM classifier, International Journal of Remote Sensing Volume40, 2019