

# ドローンを用いたコンニャクほ場のセンシング方法 およびセンシングデータの活用について

南雲 顕太・篠原 和典・山田 文典\*

## 結 言

\* 現 群馬県農政部西部農業事務所 普及指導課

近年の群馬県におけるコンニャク農家の経営状況は、1戸あたりの平均栽培面積が平成12年で1.0haであったのに対し、令和2年では3.3haと大幅に拡大している<sup>1) 2)</sup>。この急速な栽培面積の増加に伴い、新たに栽培管理を行うほ場の増加や分散化が生じ、病害管理において問題が発生している。特に、どこのほ場で、どの程度の病気が発生しているのかを正確に把握することが難しくなっており、これが効果的な防除対策立案の弊害となっている。

近年、小型無人航空機（ドローン）を用いて、農作物の生育診断や病害虫の発生状況を把握する、「ほ場センシング」と呼ばれる技術が注目されている。これまでコンニャクほ場においては、ドローンの空撮画像から輝度値を閾値として二値化し、倒伏株割合を推定した報告がある<sup>3)</sup>。本研究では、既報と異なる手法を用いて、コンニャクほ場の二値化を行い、ほ場単位で病害の発生状況を推定する手法を開発したので、その解析方法および活用例について紹介する。

なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「ドローンやセンシング技術を活用した、土地利用型園芸作物等の栽培管理効率化・安定生産技術の開発(2018~2022年)」により実施した。また、千葉大学大学院園芸研究院の濱 侃 助教には、QGISを用いたコンニャク植生の抽出手法についてご教授いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

## コンニャクほ場のセンシング方法

### 1 空撮および画像処理方法

コンニャクほ場の空撮には、DJI社製ドローン「Mavic2Pro」を使用した。機体の自動飛行と撮影は、「DJI Ground Station PRO」アプリを使用して制御し、飛行高度140m、オーバーラップ率（注1）80%、サイドラップ率（注2）70%の設定で空撮を行った。

空撮画像はSfM(注3)/MVS(注4)<sup>4)</sup>ソフトウェアであるPix4D社製の「Pix4Dmapper」に取り込み、3.5cm/pixelの解像度をもつオルソ画像（注5）を生成した。

### 2 コンニャク植生の抽出手法

コンニャク植生の抽出は、オルソ画像の各ピクセルに含まれる色情報（赤・緑・青バンド）を基に画像演算を行い、コンニャクの植生部分を白色に、コンニャク以外の植生および裸地部分を黒色に二値化することで行った。今回は、実例として、2022年9月21日に、群馬県安中市の松義台地で空撮を行った画像データを用いて、二値化処理の方法について紹介する。なお、オルソ画像の解析には、オープンソースの地理情報システムソフトウェア「QGIS (ver. 3.10.9)」<sup>5)</sup>を用いた。

注1 オーバーラップ率：進行方向に連続した写真の重なる割合（重複度）。

注2 サイドラップ率：進行方向に対して左右の写真の重複度。

注3 SfM (Structure from Motion)：ドローンで取得した空撮画像の重複部分から画像の特徴点や対応点を自動的に抽出

し、カメラの位置や方向を推定する技術。

注4 MVS (Multi-View Stereo)：3枚以上の画像の重複部分からステレオ視を行う技術。

注5 オルソ画像：中心投影法で撮影された複数の写真を、SfM/MVSソフトを用いて、正射投影に補正・合成した画像。

## Step 1) 色情報の抽出

生成したオルソ画像をQGISで開き、コンニャクの植生部、コンニャク以外の植生部、および裸地部のそれぞれ数十か所にポイントをプロットする。その後、プロットしたポイントを中心とした半径20～30cm程度のバッファを作成し、バッファ内の色情報（赤・緑・青の3種類のバンドについて、各々0～255の数値）の平均値を抽出する。

## Step 2) 二値化処理のための回帰式を取得

抽出した色情報のデータをコピーし、表計算ソフトにペーストする。表計算ソフト上で、コンニャク植生部と裸地部の赤バンドのデータをX系列、緑バンドのデータをY系列に設定して、散布図を作成する（図1）。同様に、コンニャク植生部とコンニャク以外の植生部の緑バンドのデータをX系列、青バンドのデータをY系列に設定し、散布図を作成する（図2）こうすることにより散布図内で、コンニャク植生、コンニャク以外の植生、裸地部それぞれのクラスターが視覚的に確認できる。

これらのクラスターをうまく分けられるところで回帰直線を引き、分離式を取得する。

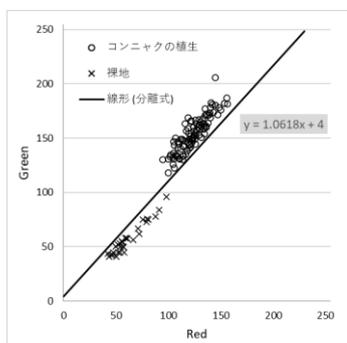


図1 コンニャク植生部と裸地部の色情報および分離式（左図）

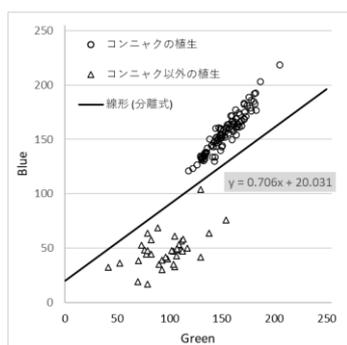


図2 コンニャク植生部とコンニャク以外の植生

## 部の色情報および分離式（右図）

## Step 3) 画像演算（二値化処理）の実行

先ほど得られた回帰式をコンニャク植生部との分離のための閾値として使用し、QGISのラスタ計算機を用いて、二値化処理を実行する。今回の例では、ラスタ計算機に以下の演算式を入力し、実行することになる。

$$(\text{"松義台地@G"} \geq (1.0618 * \text{"松義台地@R"} + 4)) * (\text{"松義台地@B"} \geq (0.706 * \text{"松義台地@G"} + 20.031))$$

なお、演算式の“松義台地”はオルソ画像のファイル名であり、ファイル名の後に付く@R、@G、@Bはオルソ画像のピクセルごとの赤、緑、青各バンドの値（0～255）が代入される。

二値化の演算式は、2段階の条件を組み合わせた式となっており、1段階目では、オルソ画像の各ピクセルにおける緑バンドの値が、 $(1.0618 \times \text{赤バンド} + 4)$  以上であれば、この条件に該当するピクセルはコンニャクの植生部とみなされ白色に変換される。（図3）。ただし、この1段階目の演算式においては、コンニャク植生部とコンニャク以外の植生部の分離がうまく行えないため、2段階目の演算式が必要となる。2段階目の式は、1段階目でコンニャク植生部とみなされたピクセルの青バンドの値が、 $(0.706 \times \text{緑バンド} + 20.031)$  以上であれば、この条件に該当するピクセルはコンニャクの植生部とみなされ白色に変換される。（図3）。この画像演算処理を行うことで、元はカラーのRGB画像であるオルソ画像から、コンニャク植生部分を白く、それ以外の部分を黒くなるように二値化した画像（以下、二値化画像）が生成される。



図3 各段階における画像演算処理の前後画像  
左（画像演算前のRGBカラー画像）

注：RGB画像で、緑色に見える部分が雑草、青白く見える部分がコンニャク、褐色に見える部分が裸地である。

中（1段階目の演算式実行後の二値化画像）

右（2段階目の演算式実行後の二値化画像）

## 空撮画像から算出した倒伏面積率と 実測の倒伏株率の比較

コンニャクの病害発生状況調査は、これまで地上から遠観で確認する目視調査で行っており、この調査法では労力がかかる反面、正確性に欠けるなどの問題があった。そこで、ほ場内における倒伏状況をドローンのセンシング技術を活用して、より正確に把握することを試みた。

調査は群馬県安中市の松義台地の生産者ほ場にて、2022年8月24日、9月6日、9月21日の3回行った。ほ場内で倒伏が見られ始めている4区画を8月24日の調査時に定め、1区40株・計160株の倒伏株率を目視で経時的に調査した。併せて、同日にドローンによる空撮を行い、得られた二値化画像から、各区画の倒伏面積率を算出し、実測の倒伏株率との相関関係を調査した。なお、オルソ画像から倒伏株率の調査区画が識別できるよう区画の四隅に赤色コーンを設置した(図4)。

その結果、二値化画像から算出した倒伏面積率と実測の倒伏株率の間に強い正の相関が認められた( $R^2=0.8972$ ) (図5)。このことから、ドローンの空撮から得た二値化画像を用いることで、実際の倒伏株率を推定することが可能であることが示唆された。

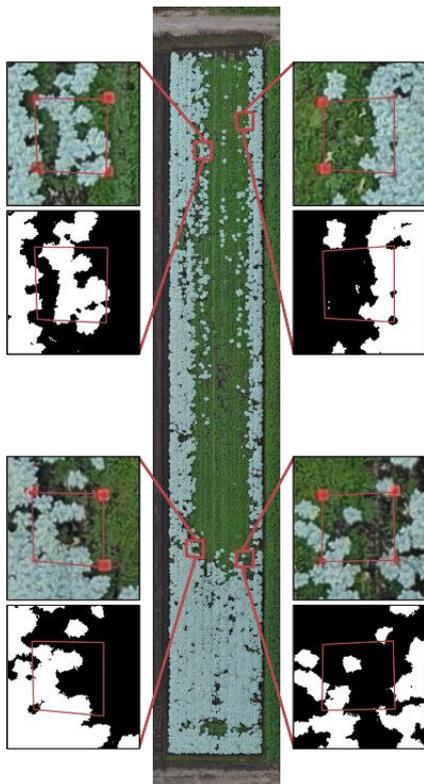


図4 調査区画のオルソ画像および二値化画像  
(2022年9月21日撮影)

## ほ場センシング技術の活用例紹介

### 1 種芋採取マップ

群馬県におけるコンニャクの栽培では、通常、10月以降に成熟期となり一斉に倒伏が始まる。そのため成熟する以前に倒伏した株は、病害により倒伏した可能性が高くなる。本来、こういった病害リスクが高い箇所からの種芋を採種しないことは、次作に発病原となる種芋を持ち込まないためにも非常に重要である。しかし、実際の栽培において、コンニャクは成熟後に自然に倒伏し、倒伏した地上部の残渣はほ場外に持ち出されることもあるため、どの箇所でも病害が発生していたかを特定することが非常に難しくなる。

一方、ほ場センシング技術を用いることで、生育期間中のコンニャクの倒伏箇所を画像として記録することができる。さらに倒伏箇所に色を付けてマッピング化し、掘取り前にあらかじめ種芋を拾わない場所を決めることで、種芋採取マップとして活用できる(図6)。

種芋採取マップを活用し、病害リスクの高い種芋を拾わないようにすることで、次作の病害リスクを下げるのが可能であり、生産力の向上が期待できる。

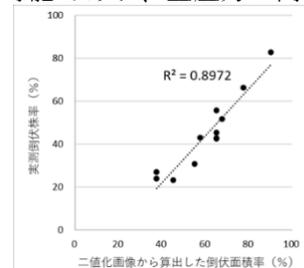


図5 画像解析による倒伏面積率と実測倒伏株率の相関(調査日:2022年8月24日、9月6日、21日)

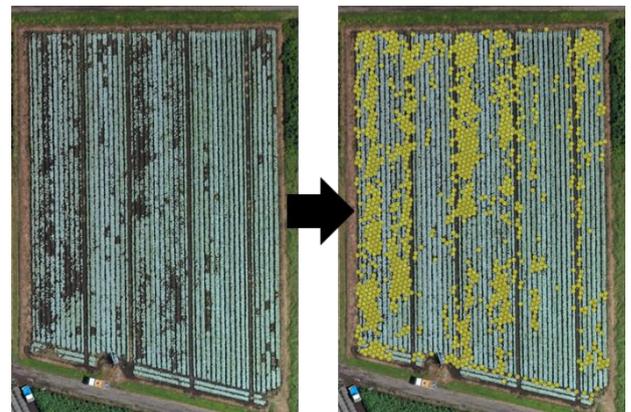


図6 種芋採取マップの一例

## 2 防除指導が必要なほ場の可視化

コンニャクの栽培において、ほ場内で倒伏株率が高い場合、通常、何らかの病害が発生していると考えられる。コンニャク栽培を担当する普及指導員は、生産者に対して病害の予防指導を行っており、最適な指導を行うためにはほ場ごとの病害の発生状況を把握する必要がある。今回紹介したコンニャク植生の抽出を行うことで、オルソ画像に含まれるコンニャクほ場の植被率（2年生以上のほ場においては倒伏面積率）を把握することができる。また、病害の発生状況に応じてほ場の色分けを行うことで、防除対策が必要なほ場に優先順位付けし、防除指導を行うことも可能である（図7）。

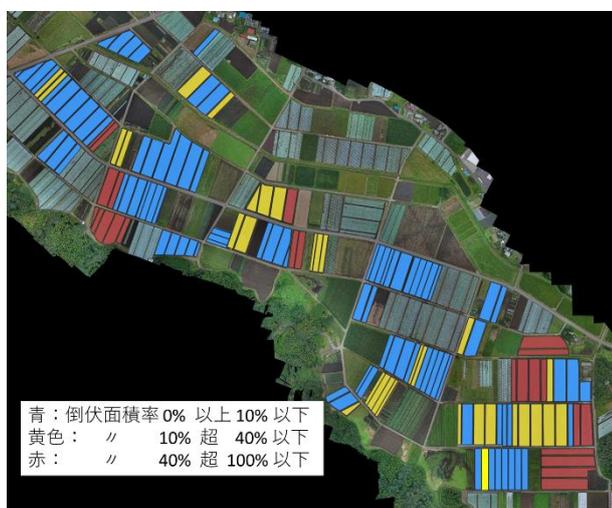


図7 現地ほ場における倒伏状況の可視化

（2022年9月21日撮影、2年生以上のコンニャクを栽培しているほ場を対象とした）

## 3 防除対策フローチャート

コンニャクほ場の倒伏面積率に応じた防除対策を整理したものが、防除対策フローチャートである。フローチャートを用いることにより、生産者自身で、病害リスクに応じてどのような防除対策を実施するべきかがわかるようになっている。防除対策フローチャートおよび詳細な防除対策については、「ドローンセンシングを活用したコンニャク栽培管理マニュアル（生産者用）」としてまとめ、こんにゃく特産研究センターのホームページで公開<sup>6)</sup>しているため、そちらを参照してほしい。

## コンニャク栽培におけるドローンを活用した今後の研究展開について

コンニャク栽培において、種芋の資質は次年度の生産力に大きな影響を及ぼすため、無病健全で良質な種芋を確保することが非常に重要である。今回紹介した種芋採取マップは、成熟期前の発病状況を見える化したツールであり、収穫作業において種芋を収穫する箇所・しない箇所を決定することに役立てられている。ただし、実際の収穫作業においては正確な位置情報を提供する手段がないため、依然として病害球を採種してしまう可能性も残っている。したがって、今後はセンチメートル級の位置情報をリアルタイムで取得できる RTK-GPS (Real Time Kinematic) 測位技術(注6)<sup>7)</sup> と種芋採取マップを連動させ、病害リスクの高い箇所から種芋を拾わないようにする技術開発への発展が期待される。

## 引用文献

- 群馬の統計情報システム. 2000年 農家調査・市町村別統計表（販売農家）・農作物.  
[https://toukei.pref.gunma.jp/cgi-bin/flist.cgi?dir=toukei/44/370/0980/&bnri=%94\\_%89%C6%92%B2%8D%B8%81E%8Es%92%AC%91%BA%95%CA%93%9D%8Cv%95%¥%81i%94%CC%94%84%94\\_%89%C6%81j%81E%94\\_%8D%EC%95%A8](https://toukei.pref.gunma.jp/cgi-bin/flist.cgi?dir=toukei/44/370/0980/&bnri=%94_%89%C6%92%B2%8D%B8%81E%8Es%92%AC%91%BA%95%CA%93%9D%8Cv%95%¥%81i%94%CC%94%84%94_%89%C6%81j%81E%94_%8D%EC%95%A8)（参照 2024-01-26）
- 2020年農林業センサス. 販売目的の工芸農作物の作物別作付（栽培）経営体数と作付（栽培）面積.  
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500209&tstat=000001032920&cycle=7&year=20200&month=0&tclass1=000001147146&tclass2=000001155386&tclass3=000001155387&tclass4val=0>（参照 2024-01-26）
- 池田ら. 2023. ドローンの空撮画像を活用したコンニャク栽培圃場における倒伏株割合の推定. 関東東山病害虫研究会報. 70: 53-56
- 神成敦司. 2019. スマート農業 自動走行、ロ

注6 RTK-GPS (Real Time Kinematic-GPS) 測位: 位置の分かっている基準局と位置を求めようとする観測点で同時に GPS 観測を行い、基準局で観測したデータを無線等を用いて観測点へリア

ルタイムに送信し、基準局の位置成果に基づき観測点の位置を数 cm の誤差でリアルタイムに求めることができる技術。

ロボット技術、ICT・AI の利活用からデータ連携まで  
(初版). 株式会社エヌ・ティー・エス. 東京.  
p. 196

5) QGIS ダウンロード.

<https://download.qgis.org/qgisdata/QGIS-Website/live/html/ja/site/forusers/download.html>  
tml (参照 2024-01-26)

6) こんにゃく特産研究センターホームページ.  
<https://www.pref.gunma.jp/page/20732.html> (参  
照 2024-01-26)

7) GNSS を使用した測定のいろいろ. 国土交通省. 国  
土地理院 HP.

<https://www.gsi.go.jp/denshi/denshi45009.html>  
html (参照 2024-01-26)

(Key Words : konjac , drone , Aerial Image Processing, Pest Control Strategies)

## **Drone-based Sensing Methods and Application of Sensing Data in Konjac Fields**

Kenta NAGUMO, Kazunori SHINOHARA and Fuminori YAMADA