

# 無人航空機 (UAV) の空撮画像に基づくチャ炭疽病の 発生分布図の作成<sup>†1</sup>

小澤朗人<sup>1)</sup>・内山 徹<sup>2)</sup>・亀山阿由子<sup>3)</sup>・大石哲也<sup>2)</sup>・諏訪尚也<sup>4)</sup>・鈴木静男<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>農林環境専門職大学, <sup>2)</sup>農林技術研究所茶業研究センター, <sup>3)</sup>中遠農林事務所, <sup>4)</sup>国立沼津工業高等専門学校

## Distribution Mapping of the Infestation of Anthracnose in a Tea Field Based on Aerial Images Taken by an Unmanned Aerial Vehicle

Akihito Ozawa<sup>1)</sup>, Toru Uchiyama<sup>2)</sup>, Ayuko Kameyama<sup>3)</sup>, Tetsuya Oishi<sup>2)</sup>, Naoya Suwa<sup>4)</sup>  
and Shizuo Suzuki<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup>Shizuoka Professional Univ. of Agri., <sup>2)</sup>Tea Research Center / Shizuoka Res. Inst. of Agri. and For., <sup>3)</sup>Shizuoka  
Pref. Chuen Office of Agri. and For., <sup>4)</sup>National Inst. of Tec.(KOSEN) Numazu College

キーワード：炭疽病，チャ，ドローン，マッピング，リモートセンシング，UAV

### I 緒 言

近年，農業分野においても小型無人航空機（以下，UAV）を利用したリモートセンシング技術の開発が進み，スマート農業に利用されつつある<sup>1,4)</sup>。チャ分野においても同様で，摘採取量の推定への利用技術など<sup>2,6)</sup>が開発されている。筆者らは，チャ炭疽病を対象として，無人航空機による発生圃場の空撮画像の色データを用いて発病程度（単位面積当たりの発病葉数）を推定する方法の開発を試みた<sup>7)</sup>。その結果，三原色（RGB）の値を組み合わせたいくつかの演算式による推定値が実際の発病葉数と相関の高いことが判明し，これらの直線回帰式を推定式として用いて病葉数を推定可能であることを示した。そこで次のステップとして，相関の高い推定式を用いて圃場内における発病の状況を把握するための発病程度別色分け図の作成を試みた。本稿では，その結果を報告する。

### II 材料及び方法

#### 1 作成に用いた空撮画像

チャ炭疽病の発生程度別色分け分布図の作成には，静岡県菊川市倉沢の県茶業研究センター内の‘さやまかおり’圃場（約 5a）を UAV（DJI 社製ファントム 4）で 2017 年 10 月 7 日正午前後に空撮した 1 供試画像を用いた（図 1）。なお，本画像の撮影条件や圃場条件等の詳細



図 1 炭疽病の発生分布図の作成に供試した原図（詳細は，小澤ら，2017<sup>7)</sup>）

<sup>†1</sup> 本研究の一部は，日本茶業学会研究発表会(2018年11月，島田市)において発表した。

については、小澤ら<sup>7)</sup>に記した。

## 2 炭疽病発生分布図の作成方法

発生程度別色分け分布図の作成には、オープンソースGISソフトのQGIS(Ver.2.81)を用いた。作成手順としては、元となる可視画像データ(図1:4000×2250ピクセル)を読み込み任意のピクセル間隔でRGBの3種の数値を格子状に格納したベクタグリッドを作成し、地域統計メニューからRGBごとに設定領域内の平均値を計算させ、これらの値を使って発病葉数の推定式<sup>7)</sup>により病葉数を計算した。その後、QGIS上のグリッド編集機能により任意の段階分けおよび色分けパターンを設定し、先の計算値を指定して段階別に色分けした発生分布画像を作成した。色データの管理と推定式の計算にはオープンソースソフトのLibreOffice(Version 6.0.6.2)のCalcを用い、正規性の検定にはEZR version1.50<sup>8)</sup>を用いた。

発病葉数の計算にあたっては小澤ら<sup>7)</sup>が示した推定式から特に相関の高い下記2式を選び、QGIS上での分画領域は10×10ピクセルおよび50×50ピクセルの2種を設定して別々に作図した。色分けの段階基準と段階数は、500または600ごとに5段階を設定した。



図2 原図(図1)を元に炭疽病の病葉密度( $y$ )を10×10ピクセル単位で500枚ごと5段階に色分けした画像。推定式は、上: $y = -90.41(G - R) + 2745.55$ 、下: $y = 8982.61((R + G)/G) - 15265.13$ を適用。RおよびGは各分画区における色データの平均値

チャ炭疽病の病葉数/ $\text{m}^2$ ( $y$ )の推定式

$$1. y = -90.41(G - R) + 2745.55$$

$$2. y = 8982.61((R + G)/G) - 15265.13$$

ただし、RおよびGは、赤(波長700nm)および緑(波長546.1nm)の分画領域内平均値を示す。

## III 結果及び考察

図2に推定式1および2式を用いて10×10ピクセル分画単位で算出された発病葉数/ $\text{m}^2$ の500枚刻みの色分け画像を示す。推定値の最大値は推定式1で5852枚、推定式2では7101枚であった。原図(図1)では不明瞭であった多発部位が鮮明に表示され、圃場内の発病分布特性が詳細かつ明瞭となった。原図の彩度とコントラストを調整して発病部位を恣意的に際立たせた画像<sup>7)</sup>と比較しても、発病部位の分布が明瞭であり、推定式1と2での表示の違いはほとんど認められなかった。ただし、視認では若干ではあるが、1式よりも2式を用いた場合の方が、やや発病程度が高めに表示されている傾向はあった。

10×10ピクセル分画単位では作成画像が計400×225=90000個のマトリックスで構成され、モニター等での表

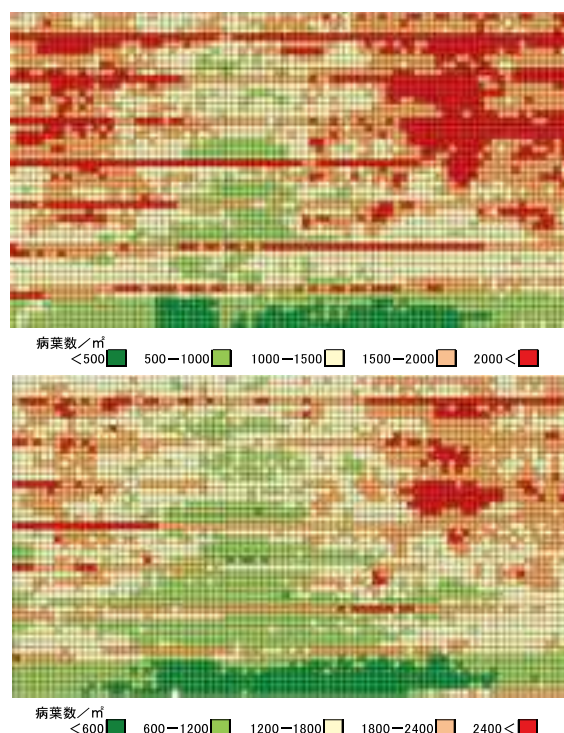


図3 原図(図1)を元に炭疽病の病葉密度( $y$ )を50×50ピクセル単位で500枚(上)または600枚(下)ごと5段階に色分けした画像。推定式は、 $y$ (病葉数/ $\text{m}^2$ ) =  $-90.41(G - R) + 2745.55$ を適用。RおよびGは各分画区における色データの平均値

示画像のサイズを小さくすると色の差異が潰れてしまい、黒の分画境界線により全体の色彩が暗くなって特定の部位での色 (段階) が判別しにくくなる傾向が認められた (図 2) . そこで、分画単位を広くした  $50 \times 50$  ピクセルでのマトリックス画像を推定式 1 により作成したところ (図 3) ,  $10 \times 10$  ピクセルの画像と同じ段階基準、同じ色分けであっても、段階の境界は認識しやすくなった. なお、 $50 \times 50$  ピクセルのマトリックスは実面積では約  $30 \times 30\text{cm}$  に相当する. 病葉数の推定式の算出に当たっては、 $25 \times 50\text{cm}$  の調査枠を使用して数えた枠内病葉数と RGB の各平均値を計算データの単位として利用している<sup>7)</sup>ため、 $50 \times 50$  ピクセルの分画単位による画像は、 $10 \times 10$  ピクセルの画像より実際の発病の分布をより正確に反映しているとも考えられる. また、表示段階の基準を 500 または 600 ごとに変えた図 3 上と下の比較では、最も病葉密度の高い段階である赤色の下限値がそれぞれ 2000 と 2400 と異なるので、上図の方が多発部位は広範囲に分布した. 色分けの方法については、段階数や段階基準、色などを様々に設定し、より目的に沿った画像に調整する余地はある.

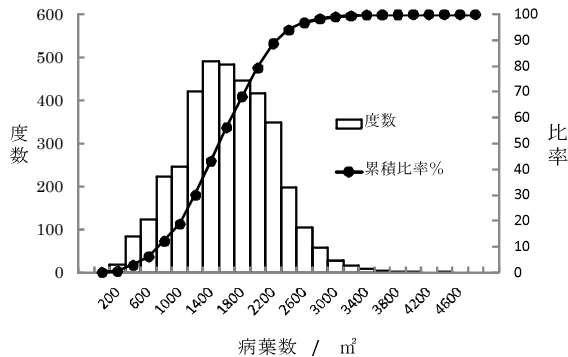


図 4 図 3 における  $50 \times 50$  ピクセル単位での病葉密度の頻度分布と累積比率の推移 (うね間部分を含む) . 平均値は 1516, 中央値は 1514

次に、 $50 \times 50$  ピクセル単位での病葉数の頻度分布と累積比率の推移を図 4 に示す. うね間部分を含んだ全体像では、平均値は 1516 枚、中央値は 1514 枚、最大値は 4377 枚であった. 前述  $10 \times 10$  ピクセルの分画単位 (図 2) では、全体平均値は 1535 枚であり、計算に使用した分画単位の大小による平均病葉数の差は小さかった. 累積比率では 50% 点は約 1500 枚、80% 点では約 2000 枚となり、全体の半分程度の範囲が  $1500$  枚/m<sup>2</sup> 以上という多発状況を示した. また、頻度分布図 (図 4) から、発病葉

数は正規分布することが示唆された. そこで、正規性の検定<sup>8)</sup>を行ったところ、歪度 0.188 (正規分布では 0) , 尖度 0.162 (同 0) , Kolmogorov-Smirnov 検定では正規分布に従ったが ( $p > 0.05$ ) , Shapiro-Wilk 検定では正規性が棄却された ( $p < 0.05$ ) . したがって、一定の発生条件では、ほ場内での炭疽病の発病葉数は概ね正規分布に従うことが推察された.

ここで、うね間部分は実際にはチャ樹はなく、うね間部分の色データは 2000 前後の値を示したこと (図 4) から、うね間を 2000 として全体から除いて計算し直すと平均値は 1427 枚となった. すなわち、摘採面上の真の平均病葉数は、補正無しでの計算値 1516 枚よりやや少ない 1427 枚/m<sup>2</sup> と推定された. ちなみに発生予察基準では 500 枚/m<sup>2</sup> 以上が炭疽病の「甚」発生とされているので、今回のほ場は全体としても「甚」発生に相当した. 今後、「甚多中少」の程度別予察基準を色分け画像に適用するためには、今回のほ場よりも発生の少ない場所での検証も必要であろう.

ところで、チャ炭疽病などの病害虫の圃場密度調査では、一般に全数 (全面) 調査ではなく  $25 \times 50\text{cm}$  枠などを用いた抽出調査を行っている. チャ炭疽病では、本研究で示した分布図 (図 1~4) からわかるように、発生場所の分布が大きく偏っており集中分布を示すことが多い. 例えば、発生予察事業での巡回調査では圃場ごとに 10 箇所の枠を置いて抽出調査を実施しているが、対象圃場の分布状況の事前把握は通常行わないので、枠調査による抽出誤差は場所によって大きくなる可能性がある. 一方、圃場全体を撮影した空撮画像を用いれば、推定値ではあるものの全数 (全面) 調査が可能で、図 4 で示すように圃場全体における発生程度の定量把握が可能となり、通常の抽出調査法では把握できない個別ほ場の発生状況が把握できる. チャ炭疽病では三番茶芽の発生量が翌年の一番茶収量に影響する<sup>9)</sup>ので、空撮画像を利用した圃場全体における病葉数の把握は単に現状の定量把握にとどまらず、当該圃場における収量予測や防除の要否にも役立つと考えられる.

UAV を利用したリモートセンシングは空間解像度や機動性において衛星リモートセンシングに勝る<sup>10)</sup>とされている. ただし、可視画像カメラのみを搭載した市販品の UAV は、マルチスペクトルカメラによる NVDI (正規化植生指数) を使った収量予測<sup>11)</sup>や熱赤外画像を利用した水ストレス評価<sup>12)</sup>への利用といった活用場面は現時点では少なく、篤農家の目視観察を代換えするような監視機能の用途に限られる<sup>13)</sup>. しかし、本研究で示したように、UAV の空撮画像から抽出した RGB 値を使った病害虫の

発生程度の圃場全体の定量推定により、これまで多大の調査労力を伴いつつ抽出誤差が懸念される現場調査を UAV による空撮に代替できる可能性がある。今後、無人航空機の空撮画像の RGB 値を病害虫の面的な定量推定に用いる場合には、輝度精度の確保と適切な範囲の画像データ作成<sup>7)</sup>など、信頼精度を高めるための画像データの前処理も必要となろう。筆者らは、本研究で述べたチャ炭疽病に加えて、摘採面上に面的に発生するチャノミドリヒメヨコバイによる新芽の被害程度の定量把握についても同様の手法を試みており<sup>8)</sup>、チャ炭疽病とともに、推定精度を高めるための画像データの処理方法を検討するとともに、現場への適合性を高めるための検証を進めていく予定である。

#### IV 摘 要

無人航空機 (UAV) を使って上空から撮影したチャ炭疽病の発生圃場の可視画像データを元に、発生程度を段階別に色分けした発生分布図を作成した。図の作成にはオープンソース GIS ソフトの QGIS を使用し、RGB 値から病葉密度を計算する推定式には先行研究で相関の高かった 2 式を当てはめ、分画単位は 10×10 ピクセルにて分布図を作成した。その結果、適用した推定式の違いによる差異はほとんど認められなかった。次に、分画単位を 50×50 ピクセルに設定して色分け段階を 2 種類設定して同様に分布図を作成した。その結果、10×10 ピクセルでの作成図とほぼ同様の分布傾向を示し、圃場全体の平均病葉数は約 1400 枚/m<sup>2</sup>と推定された。RGB 値をパラメータとして組み込んだ病葉数の推定式を利用して作成した発生分布図により、圃場内での発生分布特性が容易に把握できるとともに、圃場全体の発生程度の定量推定にも利用できることが示唆された。

#### 引用文献

- 1) 井上吉雄・横山正樹 (2017) : ドローンリモートセンシングによる作物・農地診断情報計測とそのスマート農業への応用. 日本リモートセンシング学会誌 37, 224~235.
- 2) 亀山阿由子 (2020) : 無人航空機 (ドローン) の空撮画像を利用した茶収量の推定. 茶研報 129, 27~31.
- 3) Kanda Y. (2013): Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics. Bone Marrow Transplantation: 48, 452~458.
- 4) 野波健蔵 (2016) : 世界のドローン開発動向と農業応用からみた課題と展望. 計測と制御 55, 780~787.
- 5) Ozawa A. and T. Nishijima (2002): Tolerable injury level and control threshold of the anthracnose, *Colletotrichum theae-sinensis* Miyake et al., on tea crop. Proc. of The 1st Int. Conf. on O-CHA(tea) Culture and Science (ICOS2001), 218~220.
- 6) 小澤朗人・内山 徹・亀山阿由子 (2017) : 茶園におけるマルチ回転翼型無人航空機 (ドローン) からの空撮画像に基づいた新梢枯死症およびハマキガ類による巻葉の密度推定. 関西病虫研報 60, 113~116.
- 7) 小澤朗人・内山 徹・大石哲也 (2017) : マルチ回転翼型無人航空機 (ドローン) の空撮によるチャ炭疽病の被害推定の試み. 茶研報 124, 9~16.
- 8) 小澤朗人・内山 徹・大石哲也・亀山阿由子 (2017) : ドローン (マルチ回転翼型無人航空機) の空撮によるチャ病害虫被害の実態把握の試み—第 2 報—. 茶研報 124(別), 36.