

# サーモカメラ搭載ドローンで空撮したカンキツ樹冠画像の解析手法の確立

土壌圏循環学研究室 521310 岩田大志

(指導教員：坂井 勝)

## 1. はじめに

温州ミカンは、適度な水ストレスを与えることで糖度が向上することが知られている。水ストレスの判断方法の一つに、群落表面温度の測定がある。作物が水ストレスを受けると、根の吸水、それにともなう蒸散が低下し、潜熱減少するため、葉温が上昇する。群落表面温度は、放射温度計を用いることで非破壊・非接触で測定可能である。方法の一つとして、サーモカメラ搭載ドローンを利用することで、果樹園内の温度分布を面的に評価できる。空撮した熱画像から温度データを取得し、作物水ストレス指数 CWSI を用いて水ストレスの程度を視覚的に、より定量的に評価できる可能性がある。しかし、空撮された可視画像と熱画像は画角や解像度が異なるため、樹冠部の温度データ取得には課題がある。

本研究の目的は、サーモカメラ搭載ドローンの空撮画像から、樹冠部の温度データを取得する画像解析手法の確立である。御浜町のミカン畑にてドローン空撮を行い、可視画像と熱画像を重ね合わせ樹冠部を抽出する手法、温度データを取得する手法について検討を行った。その上で、樹冠の群落表面温度分布や CWSI 分布を評価した。

## 2. 方法

### 2-1. 現場観測

2025/2/28 から 9/16 の期間において、三重県御浜町志原地区のミカン園地にて現場観測を行った。この園地では、マルドリ方式と S.マルチ栽培を導入しており、6/24 以降に表面マルチを展開した。土壌水分、気象データの観測に加え、赤外放射温度計 SI-431 で群落表面温度を 30 分間隔で測定した。用いたドローン (Mavic 2 Enterprise Advanced, DJI 社) は、ビジュアルカメラ (解像度: 8000×6000, 35 mm 判換算焦点距離: 24 mm) とサーモカメラ (解像度: 640×512, 焦点距離: 約 38 mm) を搭載している。表面マルチ展開後 15 m の高さから 13 時~15 時におよそ 2 週間間隔で 5 回、群落を対象に空撮を行った。

### 2-2. 解析方法

解析のフローチャートを図 1 に示す。まず、画角や解像度が異なる可視画像と熱画像を、画像中に固定点を設定することで重ね合わせた。重ね合わせには、Python ライブラリの OpenCV を使用した。続いて樹冠部の抽出を、色相 (25-90)、彩度 (15-255)、明度 (40-255) の上限と下限を設定する HSV 法と、可視画像を二値化する GMM 法の 2 通りで実施した。温度は熱画像のカラーバーから推定した。この時、カラーバーと熱画像を輝度に変換する輝度近似と、Lab 色空間に変換する Lab 距離近似の 2 通りを検討したが、ここではより情報量の多い Lab 距離近似を使用した。以上で求めた群落表面温度データを用いて樹冠の温度マップを作成し、CWSI を次式で計算しマップ化した。

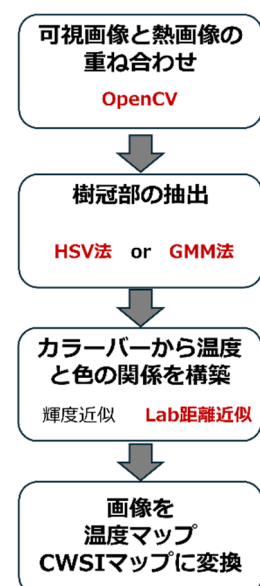


図 1 解析フローチャート

$$CWSI = \frac{T_c - T_{cmin}}{T_{cmax} - T_{cmin}}$$

ここで、 $T_c$ は取得した群落表面温度、 $T_{cmax}$ と $T_{cmin}$ はそれぞれ気象データから計算した蒸散しない場合の最高温度と、水ストレスがない場合の最低温度である。CWSI が 1 に近づくほど水ストレスが大きいのを示す。

### 3. 結果と考察

図 2 に 7/22 の可視画像と熱画像を示す。画像中に 8 点の固定点を設置し、画角の異なる 2 つの画像データの重ね合わせを行った。続いて樹冠部の抽出を行った。図 3 に 9/1 空撮画像に対する HSV 法と GMM 法の比較を示す。HSV 法は、樹冠の輪郭を正確に判別しているものの、内側の影の部分が設定した HSV の範囲外となり、樹冠として抽出されなかった。一方、GMM 法では、樹冠部の緑色と周辺の表面マルチの白色を利用して二値化でき、樹冠部を正確に抽出することができた。以降の工程は GMM 法で抽出したものである。

図 2 の右側の樹列について、Lab 距離近似を使い、群落表面温度データの取得を行った。取得した温度データ (計 26,144 点) に基づき、図 4 にそのヒストグラムを示す。群落表面温度は 40~45℃ 程度に多く分布していた。また、 $T_{cmax}$  前後の通常考えられない高い温度も見られた。

これらの温度データを用いて、作成した群落表面温度マップと CWSI マップを図 5 に示す。本研究の解析手法の確立によって温度や水ストレスの分布を視覚的に示すことができた。一方で、温度マップと CWSI マップでは、樹の右側 (西側) が左側に比べ高い傾向があり、特に  $T_{cmax}$  (48.1℃) を超えて CWSI > 1 という極端な水ストレス状態を示す結果となった。撮影時刻は 14:23 であり、西側の光の反射によって空撮による温度測定が正確にできていない可能性があるため、今後補正方法について検討する必要がある。

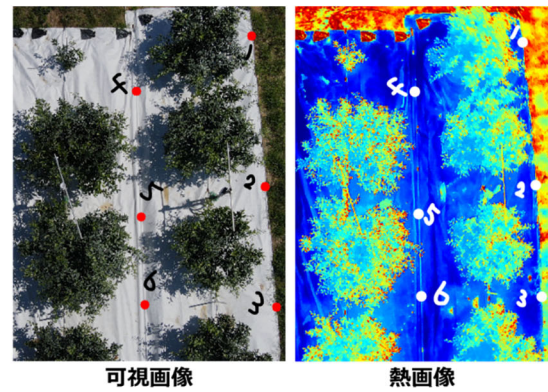


図 2 空撮した可視画像と熱画像 (7/22 空撮)

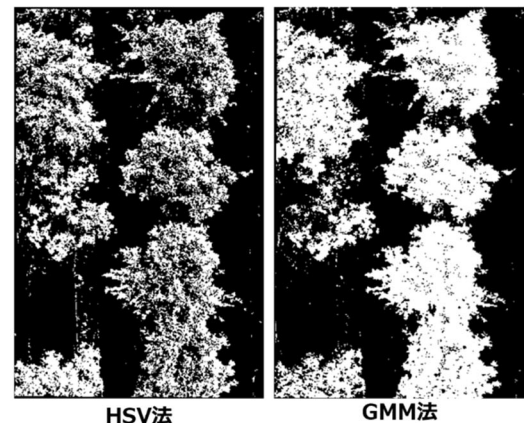


図 3 樹冠抽出法の違い (9/1 空撮)

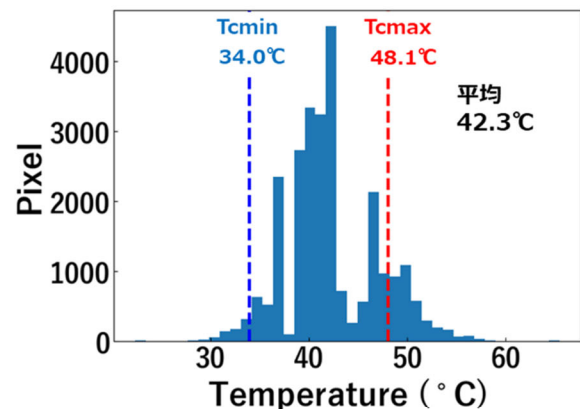


図 4 取得温度のヒストグラム (7/22 空撮)

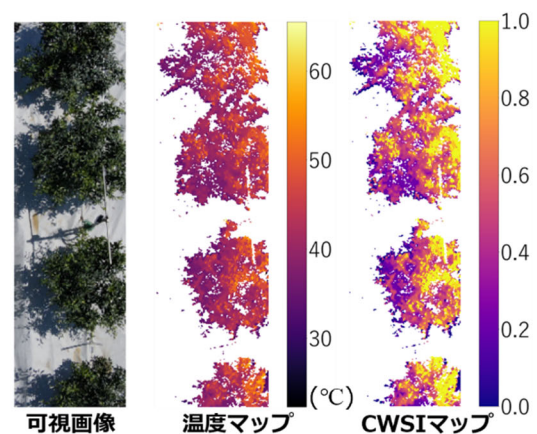


図 5 温度マップと CWSI マップ