

植物生体情報計測用の組み込み型画像処理技術の開発について

(株)四国総合研究所 電子技術部 松浦英樹 中西美一 仲田 誉
電気利用技術部 山本敬司

キーワード： 植物生体情報計測
画像処理
HSV モデル
2 値化
組み込みシステム
OpenCV
Java
葉のしおれ

Key Words : Measurement of plant biological information
Image processing
Hue Saturation Value model
Binarization
Embedded system
OpenCV
Java
leaf wilting

Development of embedded image processing technology for measurement of plant biological information

Shikoku Research Institute, Inc., Electronics Technology Department

Hideki Matsuura, Yoshikazu Nakanishi, Homare Nakata

Electricity Applied Technology Department

Keiji Yamamoto

Abstract

Recent advanced computing and image sensing technologies have been allowing us to build the high performance and low cost plants' image capture and analysis systems which can be used for various purposes, for example plants' growing monitoring.

We have developed a image capture and analysis system based on those modern technologies, and have applied it to measure the degree of leaf wilting of tomato plants in collaborating with Ehime University agricultural research division. The measurement results gotten through the experiments were as precise as our former expectation.

High quality tomato fruits production requires special watering technique based on the degree of leaf wilting of tomato plants. It has been considered impossible to automate those special watering technique because of that the degree of leaf wilting could only been observed by human eyes.

The newly developed image capture and analysis system seems to be useful to achieve the watering automatization on the production of high quality tomato fruits.

1. はじめに

近年、CPU性能やメモリ搭載量および周辺機能の強化された低価格で高性能な組み込み用コンピュータ（シングルボードコンピュータ）が開発され、また、安価な市販のUSBカメラを用いることで、100万画素以上の十分な空間分解能を持つ画像計測システムの構築が可能となってきた。¹⁾

当社では、農業用温室内の環境条件を高精度かつ低コストに遠隔モニタリングすることを可能とする「栽培環境モニタリングシステム」（ハッピー・マインダー:HaPPiMinder）を開発・販売しており、オプションカメラによる植物体の定期静止画像撮影も可能となっている（図1）。

今のところ、得られた静止画像の活用は栽培記録程度に止まっているが、定期撮影された静止画像から植物の生育状況を判断する上で有用な画像情報を画像処理技術により自動抽出し、数値データとして収集・蓄積できれば日常の栽培管理の合理化ならびに栽培技術のマニュアル化に大きく役立つのではないかと考え、ハッピー・マインダーに組み込むことのできる植物生体情報計測用画像処理技術の開発を進めている。

本技術には様々な応用が考えられるが、例えば、愛媛大学農学部において先進的な研究が進められている、高糖度トマト栽培における水やりの自動化への適用があり、現在、画像処理機能を搭載したハッピー・マインダーを愛媛大学農学部の研究温室に設置し、早期の実用化を目指した研究を共同で実施中である。

高糖度トマト栽培では、トマトの茎や葉のしおれ具合を常に観察し、水やりのタイミングを判断する必要があるため、従来の日射比例灌水技術等による水やりの自動化が困難とされていたが、画像処理技術によりトマトの茎や葉のしおれ具合をリアルタイムに数値化できれば、この水やりを自動化できる可能性がある。

今回は、ハッピー・マインダーに搭載した植物生体情報計測用画像処理技術の概要、及びトマト葉のしおれ具合の数値化を行うための画像処理ソフトウェアの概要について報告する。

2. 組み込み型画像処理技術の概要

本報告の画像処理技術に用いたシステムは、ハッピー・マインダーのデータ収集ユニットとカメ

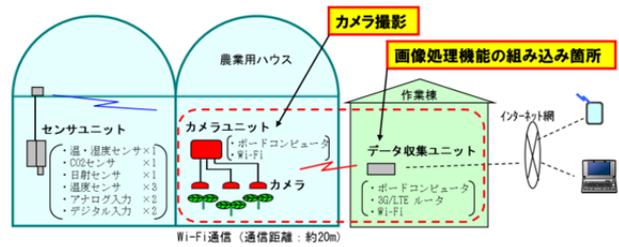


図1 栽培環境モニタリングシステム「ハッピー・マインダー」の全体構成



図2 データ収集ユニット



- センサ画素数：120万画素
- フォーカス：40cm~∞(固定フォーカス)
- 外形：縦125mm×横175mm×奥75mm
- 電源：AC100V

図3 カメラユニット

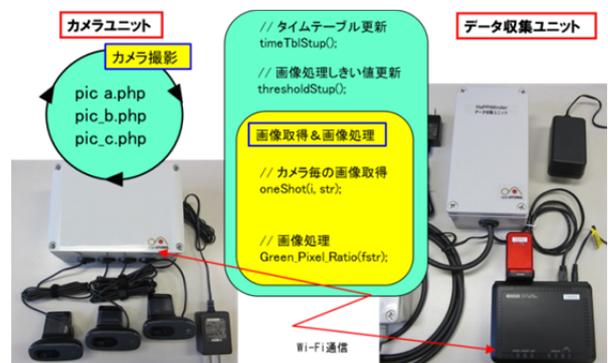


図4 カメラ画像取得および画像処理のイメージ

ラユニットから構成される (図 2, 3)。

あらかじめ設定した時間周期または時刻となった時に、カメラユニットでカメラ撮影及び画像取得・更新を行い、Wi-Fi 通信によりデータ収集ユニットへ画像を転送し保存している。このとき、同時に画像処理を実行する (図 4)。

データ収集ユニットへの画像処理機能の組み込みには、シングルボードコンピュータに OpenCV (Open Source Computer Vision Library : インテル(Intel)社が開発・公開したオープンソースのコンピュータビジョン向けライブラリ)²⁾ を搭載し、画像処理プログラムを Java 言語³⁾ で開発することで実施した。

3. 画像処理プログラムの概要

先述のように、本画像処理プログラムの目的は、水やりの指標としてトマト葉のしおれ具合を把握することにある。

そこで、トマトを上方から撮影し、画像全体に占める植物体の割合を画像処理によって数値化した。これは、トマトの葉が萎れると画像全体に占める植物体の割合が減少することに着目したものである。

この数値をデータ収集ユニットで継続して収集し、その変化を把握することで、植物体のしおれの具合を判断しようと考えている。

画像処理プログラムの概要は次の通りである。

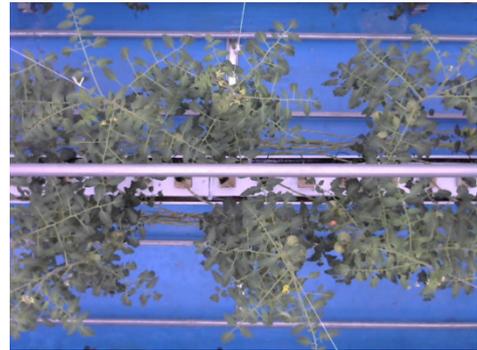
① 色成分の分離 :

元画像の色空間を RGB モデルから HSV モデル (色相 (Hue)、彩度 (Saturation)、明度 (Value) の三つの成分からなる色空間) に変換し、各成分に分離する (図 5)。^{4) 5)}

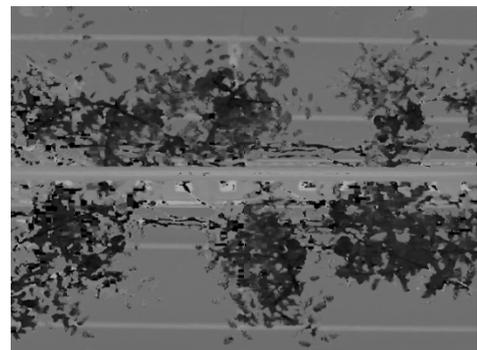
元画像の背景にブルーシートを敷き詰めているが、これは色相について青色成分と緑色成分の分離を容易にするためである。(図 7)

② 2 値化 :

トマト葉が抽出できるように、色相 (H)、彩度 (S)、明度 (V) それぞれについて閾値を設定し、抽出条件範囲内の画素を白色、それ以外の画素を黒色とする 2 値化⁴⁾を行った (図 6(a), (b), (c))。



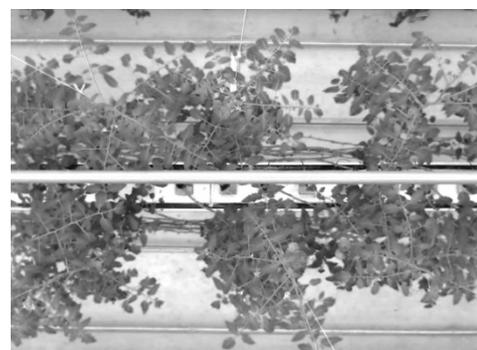
(a) 元画像



(b) 色相 (H) 成分



(c) 彩度 (S) 成分



(d) 明度 (V) 成分

図 5 元画像を HSV モデルに分離

その後、3条件の and 条件を求め最終的な2値化画像とした(図8(b))。

なお、色相の高い側の閾値は、「大津の手法」⁶⁾を用いて自動的に閾値を決定している。

③ しおれ具合の数値化:

最終的な2値化画像から全画素数に占める白色画素数の割合を数値化しトマト葉の割合(=しおれ具合)を求めた(図8(c))。

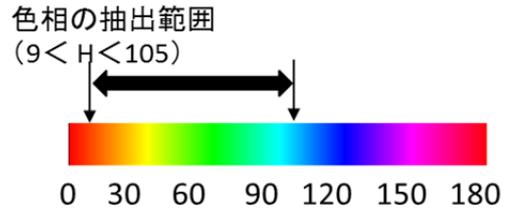
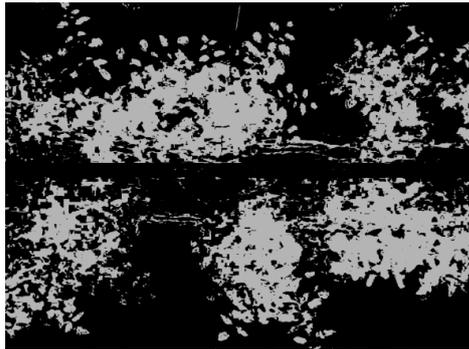
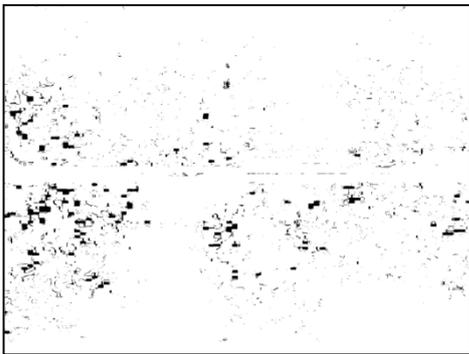


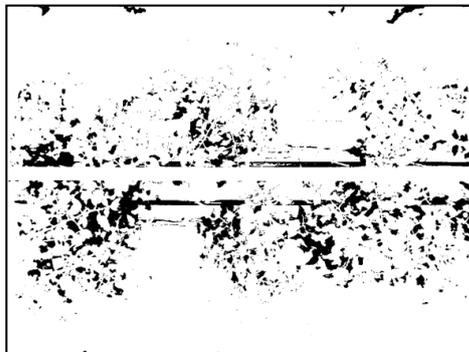
図7 OpenCVでの色相(H)と抽出範囲



(a) 色相(H)に関する2値化画像
(抽出範囲: $9 < H < 105$)



(b) 彩度(S)に関する2値化画像
(抽出範囲: $S > 2$)

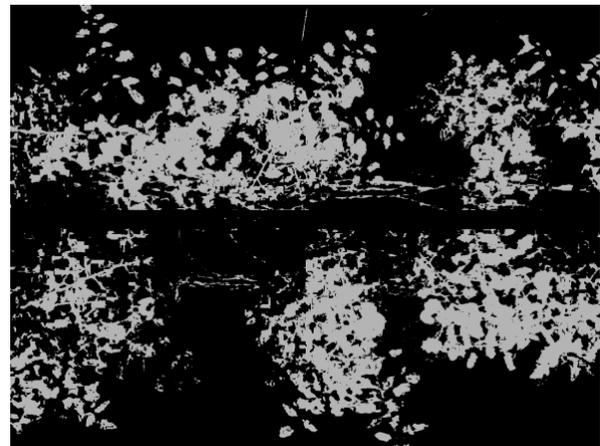


(c) 明度(V)に関する2値化画像
(抽出範囲: $V > 91$)

図6 各成分の2値化結果



(a) 元画像



(b) 画像処理結果

総画素数	: 12,288,000 画素
白画素数	: 320,530 画素
トマト葉の割合	: 26.08 %

(c) トマト葉の割合

図8 画像処理結果とトマト葉の割合

4. 画像処理結果の評価

水やりの前後で、画像処理によるしおれ具合の検証を行った。

画像処理の結果、トマト葉のしおれ具合を数値化したものは、水やり前 18.42%と水やり後 20.12%で、やはり水やり前の方が萎れており、しおれ具合を数値として反映できることを確かめた (図 9, 10)。

5. まとめ

今回、ハッピー・マインダーを利用した組み込み型の画像処理技術を開発し、トマト葉のしおれ具合を数値化し、植物の生体情報計測データとして取得することが出来た。現在、本画像処理技術を組み込んだハッピー・マインダーを用い、愛媛大学農学部知的植物工場内のトマト栽培施設にて現地試験を継続中である。

このような植物生体情報計測データを継続して収集できる仕組みを構築すれば、お客様が植物体の生育状況を数値データとして直感的に把握することが可能になり、さらに利便性が向上すると考える。

[参考文献]

- 1) 高山弘太郎、仁科弘重、山本展寛、羽藤堅治、有馬誠一 : 「デジタルカメラを用いた投影面積モニタリングによるトマトの水ストレス早期診断」, 植物環境工学 Vol. 21 (2009) No. 2 , p59-64
- 2) 北山洋幸 (2013): 「Java で始める OpenCV プログラミング」, ㈱カットシステム
- 3) 掌田津耶乃 (2013): 「Eclipse4.3 ではじめる Java プログラミング入門 Eclipse4.3 kepler 対応」, ㈱秀和システム
- 4) 羽藤堅治、松浦英樹、橋本康 : 「画像認識に基づいた収穫をサポートするデータベースの開発 HS I 法による各成熟段階の識別」, 植物工場学会誌 Vol. 10 (1998) No. 3 , p145-150
- 5) 松浦英樹、羽藤堅治、山下淳、橋本康 : 「センサフュージョンに基づくロボット視覚センサによる認識-距離データと二次元画像データの融合-」, 植物工場学会誌 Vol. 9 (1997) No. 2 , p132-138

- 6) 大津展之: 「判別および最小 2 乗規準に基づく自動しきい値選定法」, 電子通信学会論文 D, Vol. 63 (1980), No. 4, p349-356

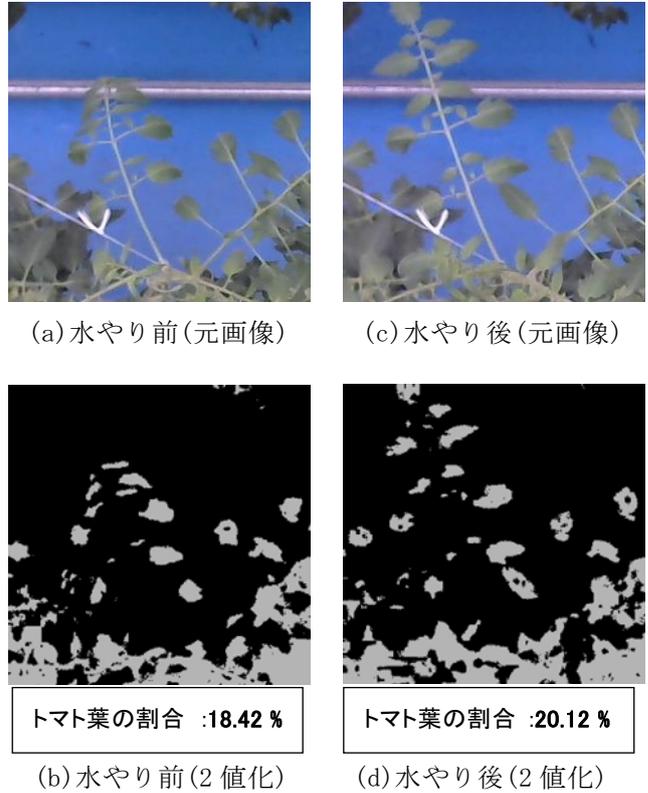


図 9 水やり前後のトマト葉のしおれ具合の数値化

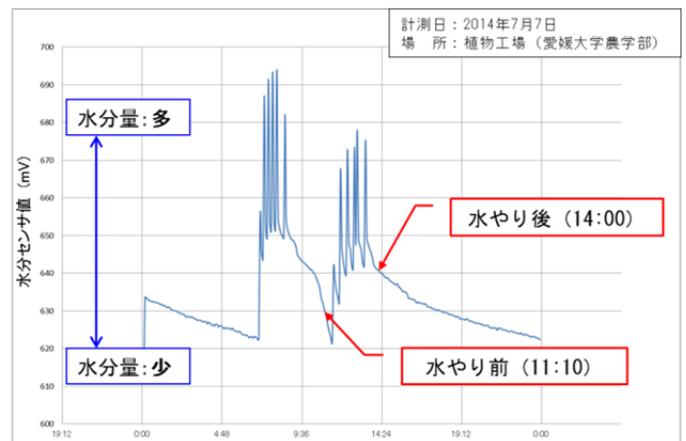


図 10 トマト培地内の水分センサ値の比較 (水やり前・後)