

# IoTカメラを用いた定点観測によるトマトの自動判別に関する研究 Automatic identification of tomato by fixed-point observation using camera

櫻井淳<sup>†</sup> 岸 篤輝<sup>†</sup>  
Jun Sakurai<sup>†</sup> Atsuki Kishi<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 文教大学 情報学部

<sup>†</sup> Faculty of Information and Communications, Bunkyo University.

## 要旨

近年、農業分野では、担い手の減少や高齢化の進行などにより労働力不足が深刻な問題であり、スマート農業によるデジタル技術の活用が注目されている。特に、トマトの収穫に関する取り組み事例に着目すると、ロボットやスペクトルカメラを活用した研究が行われているが、個人農家にとって高価な装置が必要となる課題がある。

そこで、本研究では、安価なIoTカメラを活用してトマトの畑の定点観測を行うデバイスを構築した。そして、そこから得られた撮影画像を用いて、機械学習によりトマトの成熟状況を自動で判別するシステムを開発し、評価実験によりその活用可能性を検証した。その結果、緑熟期と桃熟期以降のトマトをF値0.99の精度で判別できた。

## 1. はじめに

近年、農業分野では、担い手の減少や高齢化の進行などにより労働力不足が深刻な問題となっている。こうした背景から、農林水産省では、食料・農業・農村基本計画などにおいて、スマート農業とよばれるロボット、IoTやAIといったデジタル技術の活用を推進している。特に、トマトの収穫に関する取り組み事例に着目すると、三次元カメラを活用したトマトの自動収穫ロボットの開発[1]や、スペクトルカメラを用いたトマトの収穫時期[2]や熟度評価[3]に関する研究が行われている。しかし、これらは高価なカメラや装置が必要であるため、個人経営の農家に広く普及させることは困難と考えられる。

そこで、本研究では、安価なIoTカメラを活用してトマトの畑の定点観測を行うデバイスを構築する。そして、そこから得られた撮影画像を用いて、機械学習によりトマトの成熟状況を自動で判別するシステムを開発し、評価実験によりその活用可能性を検証することを目的とする。

## 2. IoTカメラを用いたトマトの自動判別システムのプロトタイプ開発

本研究では、IoTカメラを用いたトマトの自動判別システムのプロトタイプを開発する。開発システムの流れを図1に示す。入力データは、IoTデバイスに接続したカメラからの撮影画像とする。なお、IoTデバイスの構成は、小型コンピュータにRaspberry Pi 3 Model B、WebカメラにDEPSTECH社の4KWebカメラ、間欠起動タイマ付電源装置に東京デバイス社のEveryUSB、3G通信端末にソラコム社のAK-020とした。処理の流れとして、まず、間欠起動タイマを利用して一定時間ごとにトマト畑のカメラ撮影を行う。次に、この撮影画像を入力データとして、3G通信端末でWebサーバ上に画像を保存する。そして、トマトの熟度判定機能において、一定間隔で画像を分割した後、YOLOv5を用いてトマトの領域を抽出した画像を生成する。また、畳み込みニューラルネットワークで予め学習したモデルを用いて、緑熟期（全体的に緑色のもの）と桃熟期以降（全体的に赤みを帯びたもの）の熟度判定を行う。最後に、Google ScriptとLine APIを活用し、LINEのチャットボットとして、撮影画像とトマトの個数と熟度の判定結果を通知するシステムを構築した。

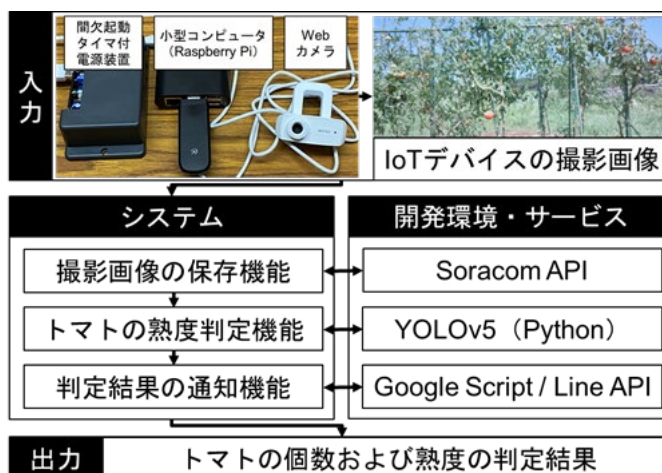


図1 開発システムの流れ

### 3. 評価実験







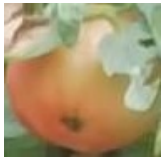
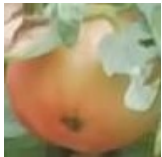
#### 3.1. 実験概要

評価実験では、前述の提案手法によるトマトの緑熟期と桃熟期以降の判別精度を評価し、IoTカメラを用いた自動判別の可能性を検証する。実験手順として、まず、トマトの畑にIoTカメラを設置し、1日1枚の写真撮影により、計31枚の写真を収集した。次に、それらの写真に対してYOLOv5でトマトの画像を抽出し、目視判別により緑熟期と桃熟期以降の画像をそれぞれ200枚ずつ取得した。そして、150枚ずつを教師データ、それ以外の50枚ずつを評価データとして学習と推定を実施した。なお、評価データは交差検証を4回繰り返すことにより、緑熟期と桃熟期以降それぞれ200個の画像を推定した。その結果を適合率、再現率、F値で評価する。

表1 評価結果

種類	全数	推定数	正解数	適合率	再現率	F 値
緑熟期	200	198	197	0.995	0.985	0.990
桃熟期以降	200	202	199	0.985	0.995	0.990
合計	400	400	396	0.990	0.990	0.990

表2 評価結果の抜粋

		目視による判別結果 (正解データ)			
		緑熟期		桃熟期以降	
システム の 判定 結果	緑熟期				
	桃熟期以降				

#### 3.2. 実験結果

評価結果を表1に、その抜粋画像を表2に示す。この結果から、緑熟期と桃熟期以降ともに、適合率と再現率が0.985以上となっており、ほぼすべての画像において正しく判定できていることがわかる。また、全体のF値は0.99のため、高い精度は確保できているものの、実際は緑熟期に対して桃熟期以降と誤判定したものが200枚中3枚、実際は桃熟期以降に対して緑熟期と誤判定したものが200枚中1枚の結果となった。前者では、対象のトマトの前面に緑色の枝が被っていることで、緑色を占める面積が大きくなったためと考えられる。また、後者では、対象のトマトの前面に赤いトマトがあることや、部分的に赤みを帯びたトマトが混在したためといえる。これらに対しては、トマト以外のノイズ部分を除去する処理や、トマトが赤みを帯び始める催色期などのクラス分類の増加などの対策が必要と考える。

### 4. おわりに

本研究では、IoTカメラを用いたトマトの成熟状況の自動判別システムを開発し、その判別精度を検証した。今後は、これらの知見をもとに、実際のトマト農家に向けたシステムへと発展させていきたい。

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり、一般社団法人 EdiblePark 湘南の皆様にご協力およびご助言をいただきました。

#### 参考文献

- [1] 矢口 裕明, 長谷川 貴巨, 長濱 虎太郎, 稲葉 雅幸, “収穫装置と視覚認識に着目したトマト自動収穫ロボットの構成法”, 日本ロボット学会誌, Vol.36, No.10, pp.693-702, 2018.
- [2] 東田 光裕, 増田 貴大, 坂川 涼, 洞井 晋一, “分光画像を用いたトマトの収穫時期予測に関する研究”, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2017 論文集, No.2017, pp. 193-198, 2017.
- [3] 福地 健一, 嘉数 祐子, “クロロフィル蛍光計測による大玉トマトの熟度評価”, 木更津工業高等専門学校紀要, Vol.52, No. 0, pp. 41-48, 2019.