

植物工場における生産支援のための 画像処理による生育状態観測

大小田 淳史[†] 波部 斉[‡] 井口 信和[‡] 小池 敏和^{††} 鍛冶 研一^{‡‡} 植田 頼親^{‡‡}

近畿大学大学院総合理工学研究科[†] 近畿大学工学部情報学科[‡]

株式会社 NTT データ関西^{††} 関西鉄工株式会社^{‡‡}

1. 序論

異常気象の増加に伴い、気象条件に影響されずに野菜を栽培可能な植物工場が注目されている。植物工場とは、施設内で温度や湿度、二酸化炭素などの生育環境をコントロールすることにより、野菜を計画的に栽培する施設である。植物工場では土地の利用効率を高めるために、野菜を棚状に配置(以下、栽培棚)し栽培している。この栽培棚は高さ3メートルを超えるものもあり、棚上部の野菜の生育状態を目視で確認するには梯子が必要となる。そのため、野菜を大量生産している植物工場では、生育状態の確認に大変な手間がかかる。しかし、この確認作業を疎かにすると、野菜の生長に異常があった際に発見が遅れてしまう。異常の原因が培養液の菌や人的作業ミス等であった場合、多くの野菜が廃棄処分になる。その際には出荷の納期を守るための対応が必要となるため、異常の早期発見が重要となる。

そこで本研究では、植物工場を対象とした野菜の生育状態の監視を目的として、画像処理による生育状態観測を行う。本研究では、画像から個々の野菜の領域のみを抽出し、野菜の大きさを定量化することにより生育状態の観測を試みる。

2. 研究内容

画像から個々の野菜の領域のみを抽出し、野菜の大きさを定量化することにより生育状態の観測を行う。植物工場では、始めに育苗用の栽培場所で苗を生育し、根が十分な大きさに生長した後に定植用の栽培場所へ野菜を移植し栽培



図1：画像取得方法(左:機器 右:設置様子)

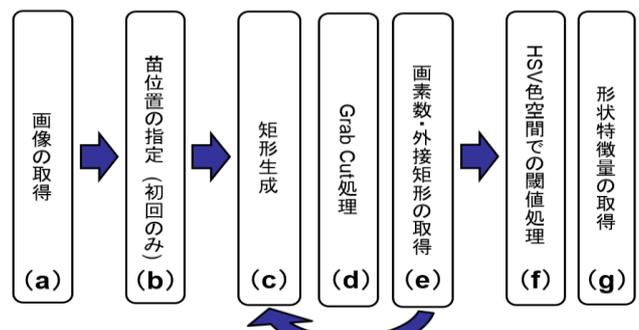


図2：画像処理の流れ

を行う。本研究では育苗用の栽培場所を観測の対象とした。以下に、画像を取得するための機器構成と画像処理の内容を示す。

2.1 機器構成

画像の取得に、図1左に示すWebカメラと小型ボードコンピュータであるRaspberry Piを用いる。図1右に示すようにWebカメラを栽培棚に設置し、Raspberry Piで制御することにより栽培中の野菜を定点撮影する。

2.2 画像処理による生育状態観測

取得した画像に対して画像処理を施し、個々の野菜の領域のみを抽出する。その際に、品種や照明条件の変化に影響を受けずに領域抽出できることが望ましい。そこで領域抽出に、Grab Cut¹⁾と呼ばれる技術とHSV色空間での閾値処理を用いる。Grab Cutは、抽出したい領域を矩形で囲うことにより、矩形内の領域の色彩や明度の連続性を利用して領域を前景と背景に分離する手法である。

Growth state observation of vegetables by the image processing for improving productivity at plant factory

[†]Atsushi OKODA, Graduate School of Science and Technology, Kindai University

[‡]Hitoshi HABE, Nobukazu IGUCHI, School of Science and Engineering, Kindai University

^{††}Toshikazu KOIKE, NTT DATE KANSAI CORPORATION

^{‡‡}Yorichika UEDA, kenichi KAJI, KANSAITEKKO Co.,LTD

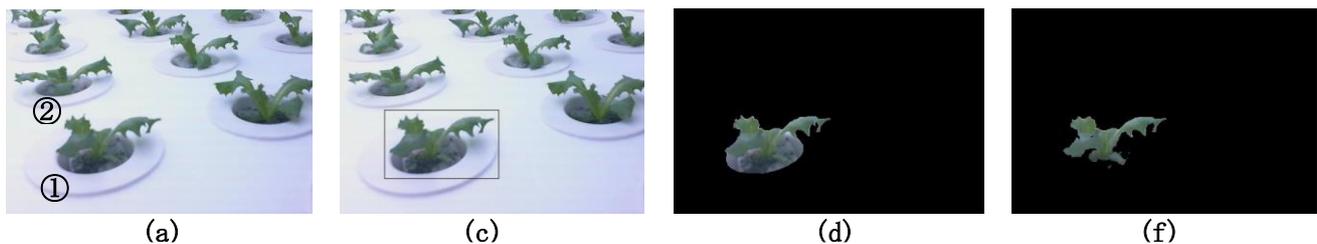


図3：処理過程の画像例(画像下部の a, c, d, f は図2と対応)

画像処理の流れを図2に示し、処理過程の画像例を図3に示す。まず始めに Web カメラと Raspberry Pi を用いて取得した画像上(図2:a)に苗を植える位置を指定する(図2:b)。次に、その位置を囲う一定の大きさの矩形(以下、矩形 A)を画像に与える(図2:c)。その後、矩形 A を基に Grab Cut 処理を施し、矩形 A 内の領域を前景と背景に分離する(図2:d)。処理後、前景として抽出された領域の画素数と領域を囲う傾き 0 の外接矩形を取得する(図2:e)。この時、画素数が 0 であった場合、もしくは外接矩形と矩形 A の少なくとも一辺が一致した場合は、矩形 A が野菜全体を囲っていないと判断し、図2:c の処理に戻り、矩形 A の大きさを広げ Grab Cut 処理をやり直す。やり直しによる Grab Cut 処理の繰り返しは、矩形 A と周囲の野菜領域との重なりを上限とする。

Grab Cut 処理を施すと、野菜と種を植えるスポンジが前景領域として抽出される。これは野菜とスポンジ、栽培用パネルのそれぞれの境界のうち、スポンジと栽培用パネルの境界が鮮明であり、前景と背景の境界と見なされるためである。そこで、スポンジ領域と野菜領域で色が大きく異なることを利用して HSV 色空間での閾値処理を施し、抽出された前景領域からスポンジ領域を取り除く(図2:f)。処理後、得られた領域の形状特徴量を、野菜の大きさや形状の指標として保存する(図2:g)。以上が画像処理の内容である。初回以降は、前回保存された形状特徴量を基に矩形を生成し、画像処理を施す。

3. 検証・考察

稼働中の植物工場の育苗用栽培棚に Web カメラを設置し、本画像処理による領域抽出の検証を行った。検証は、フリルアイスと呼ばれる品種を対象として、育苗開始から移植日までの期間(16日間)に1日1回、本画像処理による領域抽出を行った。また、抽出された野菜領域の精度の指標として、編集ソフトを用いて手動(以下、手動編集)で領域抽出した結果と比較する。設置した Web カメラから取得した画像上(図2:a)の①と②の野菜に対するそれぞれの領域抽出の画素数

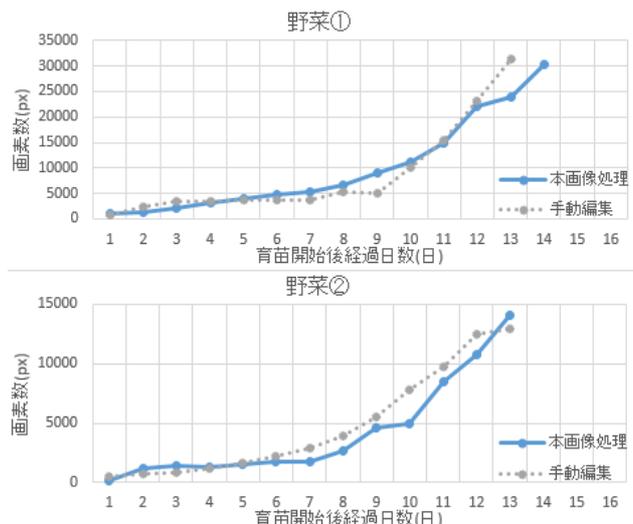


図4：抽出領域の画素数比較

を図4に示す。図4及び領域抽出の結果画像から以下の傾向がみられた。育苗開始後経過日数1日目から9日目までは野菜領域全体を抽出できていた。10日目以降は、概ね野菜領域を抽出できていたが、Grab Cut 処理に用いる矩形が野菜全体を囲っていない場合や、他の野菜の一部を囲っている場合がみられた。また、14日目以降は野菜同士が密接に重なり合い、本画像処理と手動編集の両方法においても領域抽出が困難であった。以上より、画像から個々の野菜領域を人が識別可能な場合は、本画像処理においても野菜領域が抽出可能なことを確認した。

4. 結論

植物工場を対象とした野菜の生育状態の監視を目的として、画像処理による生育状態観測を行った。本研究では、画像から個々の野菜の領域のみを抽出し、野菜の大きさを定量化することにより生育状態の観測を試みた。

今後は、Grab Cut に使用する矩形の生成アルゴリズムの改善や野菜の生育状態の異常検知を予定している。

参考文献

1) C. Rother et al. Grabcut: Interactive foreground extraction using iterated graph cuts. SIGGRAPH 2004.