

小ギクの一斉機械収穫・調整システムの開発(2)

誌名	研究報告 / 香川県産業技術センター
ISSN	13465236
著者名	福本,靖彦 濱田,敏弘 陶山,純 山本,明 仲,照史
発行元	香川県産業技術センター
巻/号	10号
掲載ページ	p. 39-42
発行年月	2010年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



小ギクの一斉機械収穫・調整システムの開発（第2報）

—小ギクの開花程度選別機の試作—

福本 靖彦, 濱田 敏弘, 陶山 純*, 山本 明*, 仲 照史**

小ギクは我が国の主要な切り花の一つであるが、近年、安価な外国産の輸入が増加傾向にある。我々は輸入切り花のコスト競争力に対抗し、国内産の切り花の生産効率を高めるべく平成20年度より小ギクの一斉機械収穫・調整システムの開発を行っており、その取り組みの中の一つとして画像処理技術を用いて切り花の開花程度を自動的に判定するシステムを開発している。本稿では、試作した開花程度選別機の紹介とマイコンとFPGAを用いた判定処理、照明方法について説明する。

1 緒言

小ギクは日本の主要な切り花の一つであるが、ここ数年安価な海外産の輸入が増加してきており、この対策として国内の切り花生産を効率化することで価格競争力を高めることが望まれている。また、生産者の高齢化も進んでおり、より効率よく生産することが望まれている。

以上をふまえ、我々のグループでは小ギクを対象にし、開花程度による選別機の開発、開花時期一化技術の開発、一斉機械収穫機の開発、未開花茎商品化技術の開発を行い、米の生産のように一斉機械収穫を行うことで小ギク生産を効率化することを試みている。本稿ではその中でも画像処理技術に関係のある開花程度による選別機の開発について述べる。

現在の小ギクの収穫作業は、圃場で収穫適期の小ギクを人手で選び切りするのが一般的であるが、機械による一斉収穫を実現する場合には、開花程度による選別作業を別途行う必要がある。一部の地域では人手による一斉収穫を実施しているが、選別作業は図1のように熟練者が一本一本目視作業で行っており、この作業が多くの労働時間を占めている。そこで、我々はこの選別作業を自動化するための開花程度選別機を試作した。この装置では、切り花を一本一本、天頂方向から撮影した画像を取得し、その画像からF/G値という開花程度を表す値を計算し、開花程度の判定を行って



図1 現状の開花程度による選別作業

おり、結果に応じた仕分けも可能である。本報告では、上記の判定方法とその手法の電子回路基板への実装方法、及び切り花を効果的に照明する方法について説明する。

2 開花程度の指標(F/G値)

今回、我々は開花程度を定量的に表す指標としてF/G値と呼ぶ評価値を用いた。F/G値とは、切り花を天頂方向から撮影した画像において、花が占める面積と葉が占める面積を用いて計算される値であり、定義式は

$$F/G \text{ 値} = \ln \left(100 \times \frac{\text{花・蕾の画素数}}{\text{葉・茎の画素数}} \right)$$

である²⁾。F/G値が大きい程、開花程度が進んでいるということを示している。

画像中の画素が花領域・葉領域・背景領域のいずれであるかについては色画像を用いて判定する。具体的には、RGB表色系をHSI表色系に変換し、HSI表色系において以下に示す閾値処理を行うことで判定する。

- ・注目画素の明度値がTH1以下であるならばその画素は背景領域にある。
- ・注目画素が背景領域ではなく、色相値がTH2以上かつTH3以下であり、彩度値がTH4以上であればその画素は葉領域にある。
- ・背景領域でも葉領域でもない画素は花領域の画素である。

ただし、TH1~TH4はあらかじめ花の種類に合わせて設定した閾値である。

この処理は大まかに言うと、画像中の暗い部分を背景、緑っぽい部分を葉、その他の色の部分を花として認識するということであり、HSI空間で図2のように領域を分割することに相当する。彩度に関する条件は白色の花を判定するために重要である。

図3に天頂方向から撮影した切り花の画像と、閾値処理結果画像・F/G値の例を示す。

F/G値以外の開花程度を示す指標として、着色輪数割合、第2花の花径、花弁長、花高などが挙げられるが³⁾、小ギクの開花程度判定に関してはF/G値が最も

* みのる産業株式会社

** 奈良県農業総合センター

優れた指標であることが示されている⁴⁵⁾。

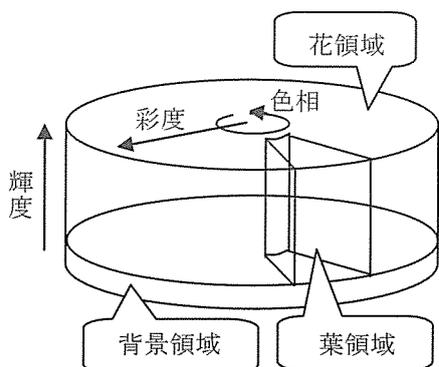
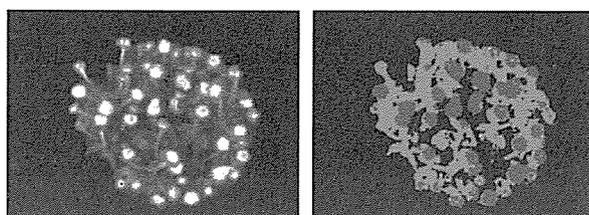
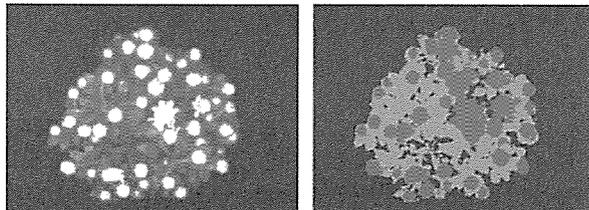


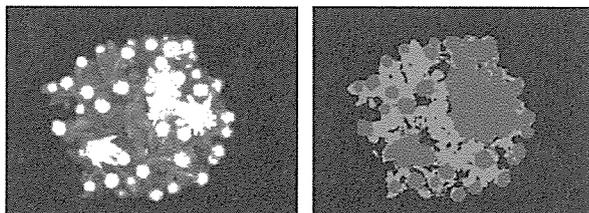
図 2 HSI 表色系における各領域の範囲



(a) 撮影例 1(左)と処理結果(右) (F/G 値 3.2)



(b) 撮影例 2(左)と処理結果(右) (F/G 値 4.5)



(c) 撮影例 3(左)と処理結果(右) (F/G 値 5.9)

図 3 撮影画像例と閾値処理結果画像例

3 選別機

図 4 に試作した選別機の外観を示す。装置は画像処理に適した環境を作るため、全体的にカバーで覆っており、画像処理部の結果を受けて開花程度が適当であれば装置後部から排出し、不適であれば装置下部に排出する。画像処理部は図 5 のような構成を取っており、専用基板で主な処理を行い、シーケンサを介して小ギクの落下位置を切り替えるソレノイドを制御する。また、ユーザによる設定変更等の為のタッチパネルモニタとのやり取りや照明への電源供給もシーケンサを用いて行う。



図 4 試作した選別機

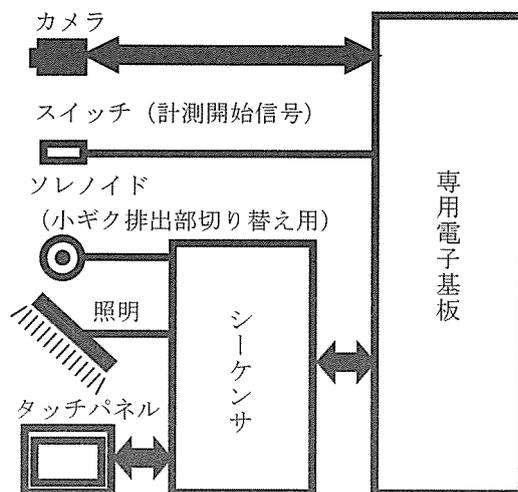


図 5 画像処理部の機器構成図

3.1 電子基板での処理

図 6, 7 は今回作成した基板の外観である。この基板にはカメラ接続用の端子、画像処理開始トリガースイッチ用のマイコン割込み端子、選別機の搬送機構制御のためのシーケンサとのシリアル通信用端子 (D-sub 9 ピン)、デバッグ等の為の PC とのシリアル通信用の端子が搭載されている。マイコンはルネサステクノロジー社の H8/3052 を用い、FPGA にはアルテラ社の Cyclone シリーズ EP1C20 を用いた。またカメラには BeyondLogic 社の CMOS モジュール C3188A (図 8) を用い、VGA サイズの画像を取得するようにした。

開花程度を判定するために必要な処理は、

- ・カメラから RAW データを取り込む (FPGA)
- ・RAW データを RGB 表色系で現像すると同時に平滑化を実行 (FPGA)
- ・RGB 表色系から HSI 表色系に変換
- ・閾値処理で各画素を花・葉・背景領域のいずれかに判定してそれぞれの領域の画素数をカウントする (FPGA)
- ・カウントした画素数を基に F/G 値を計算 (マイコン)

であり、スイッチやシーケンサとの I/O はマイコンが制御し、FPGA はマイコンからの制御信号を受けてカメラからの画像取り込みから花領域・葉領域の画素数計測までの処理を行っている。

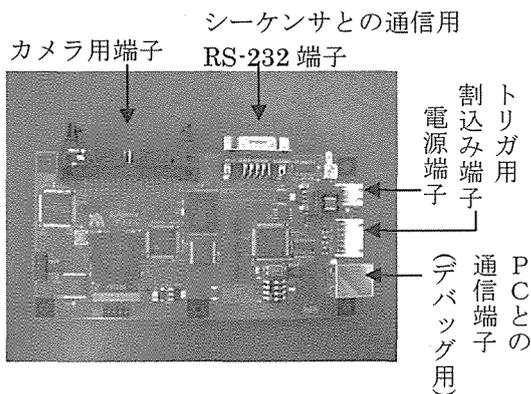


図 6 作成した基板(表)

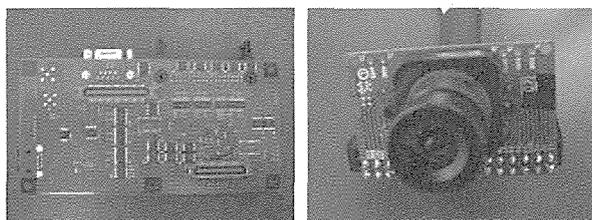


図 7 作成した基板(裏) 図 8 使用カメラ

3.2 照明

照明は白色光源と緑色光源を併用した。通常の白色光源のみではなく、緑色も加えたのは、葉の緑色を強調して葉の中で暗い緑に写っている部分と背景を区別するためである。

次に、この有効性を実験により確かめた。図 9 は緑色照明と白色照明の組み合わせ、図 10 は白色照明のみを用いて白色のマーガレットを撮影した画像と閾値処理の結果である。図 11～図 16 は明度・色相・彩度のヒストグラムである。なお、閾値についてはそれぞれの画像に対して適切に設定した。

明度に関しては緑色の照明を用いた画像では 65 を閾値とすると適切に背景領域と分離でき、白色のみの照明を用いた画像では 40 が適切な閾値であった。結果画像を見ると、花を支える棒の一部を花や葉として誤検出している。この誤検出は明度閾値を下げることで減らすことが出来るが、明度閾値を落とすと葉の暗い部分が背景と見なされるようになるトレードオフが存在する。2 つの照明方法の結果画像を比較すると、緑色を加えることにより背景の棒の誤検出が減り、葉もより正しく検出していることが分かる。また、適切な明度閾値付近のヒストグラムを見ると、緑色を用いた場合は閾値付近の画素数は 300 画素前後であるのに対し、白色のみの場合は 900 画素前後であり、緑色を用いた方が明度閾値のズレに対する感度が小さく収まっていることがわかる。よって、緑照明を加えると背景の誤検出が減少する上、明度パラメータの変動に対するロバスト性も向上し、より実用的になることが分かった。

また、色相のヒストグラムを見ると、緑色を用いた場合の方が葉の領域を示す緑色付近の分布がよりコンパクトにまとまっており、葉を分離するのがより容易になっていることがわかる。

彩度の閾値条件は、白い花に色相が存在しないため、白い花を葉から分離するために必要な条件である。もし緑色照明を使用することにより白い花が緑がちに見えて花部分の彩度が上がってしまうと白い花と葉を分離できなくなる恐れがある。しかしながら、彩度のヒストグラムを見ると緑色を加えても彩度が 0 付近(図 13, 14 の楕円丸のグループ)とそれ以外の領域に問題なく分離できていることがわかった。

以上で明度と色相の条件では緑色照明を加えた方が良い結果となり、彩度の条件にも悪い影響は与えないことがわかった。

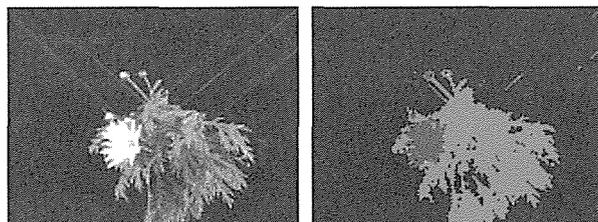


図 9 緑色照明を加えた撮影画像(左)と処理結果(右)



図 10 白色照明のみの撮影画像(左)と処理結果(右)

4 結論

本稿では、画像処理技術を用いた小ギクの生産効率化を目指し、マイコンと FPGA を用いた画像処理技術による開花程度判定と、試作した選別機について説明した。また、照明方法に関して検討を行い、単なる白色照明ではなく、緑色を加えた方が良い画像を取得できることを示した。

今後の課題としては、ユーザビリティの向上などが挙げられる。具体的には、多くの場合、開花程度による選別をパスした花は重量選別機へかけられるので、開花程度選別機と重量選別機のスムーズな接続が求められる。また、今回のシステムではユーザが閾値処理の仕組みを理解して閾値パラメータを適切に定めなければいけなかったが、これを簡単な操作で自動的に設定できるようにすることなどが挙げられる。

謝 辞

本研究の一部は農林水産省の新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業(課題 No2008)により実施された。

参考文献

- 1) 東京税関, “切花の輸入,”
<http://www.customs.go.jp/tokyo/etu/ftp/tokusyu/toku1904.pdf>
- 2) 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構, 香川県, “切り花の開花程度判断方法及び開花程度判断装置,” 特開 2007-53933, 2007-03-08.

- 3) 庄野浩資・西川朝也, “画像指標による安代産リンドウの切り前適期評価に関する研究,” 農業環境工学関連 4 学会合同大会講演要旨: 184, 2004.
- 4) 仲照史, 濱田敏弘ら, “小ギクの開花程度は天頂方向からの画像解析で定量化できる,” 園芸学会雑誌, 74(別 1), 350, 2005.

- 5) 濱田敏弘・福本靖彦・仲照史, “画像から切り花の開花程度を判定する方法の検討,” 動的画像処理実用化ワークショップ 2009, pp268-273, 2009.

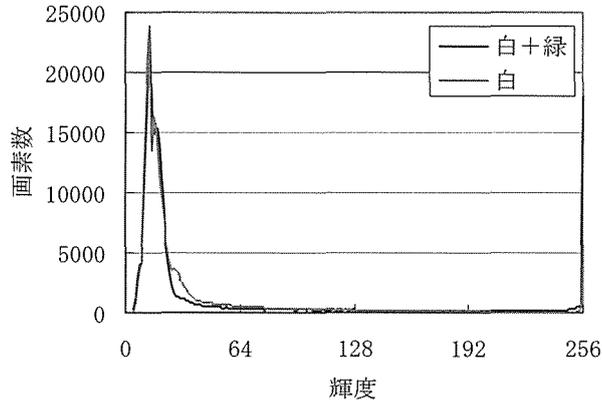


図 11 輝度のヒストグラム

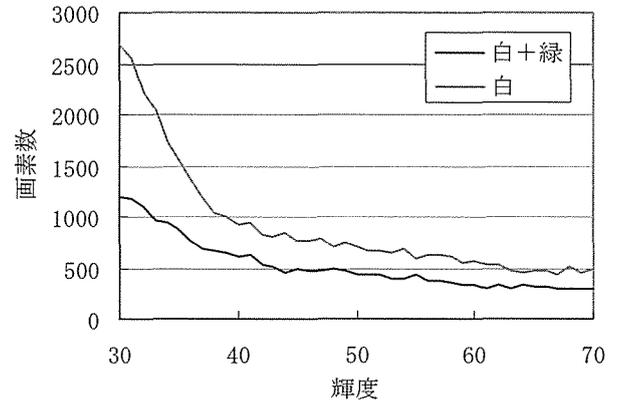


図 12 輝度のヒストグラム (閾値付近)

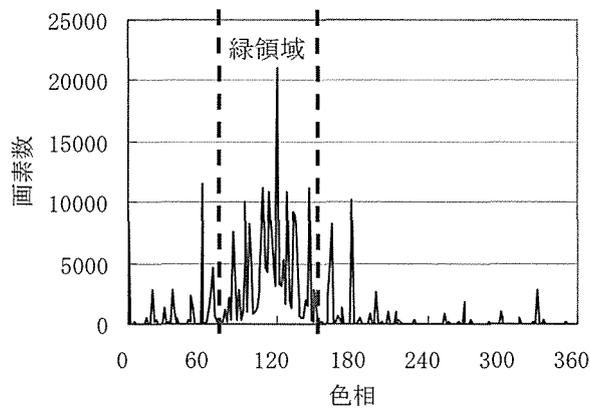


図 13 色相のヒストグラム (白+緑)

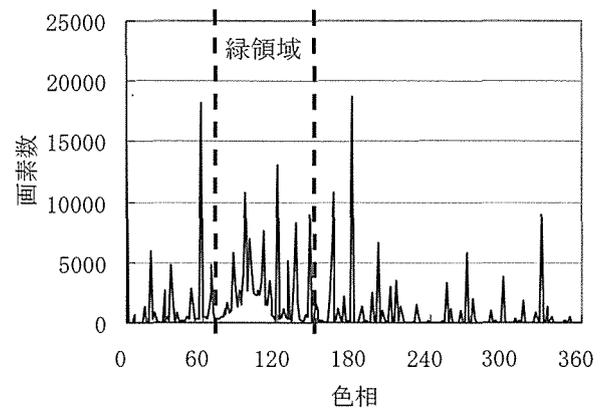


図 14 色相のヒストグラム (白のみ)

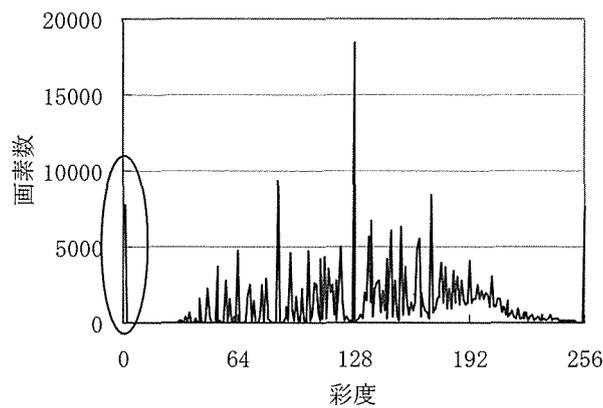


図 15 彩度のヒストグラム (白+緑)

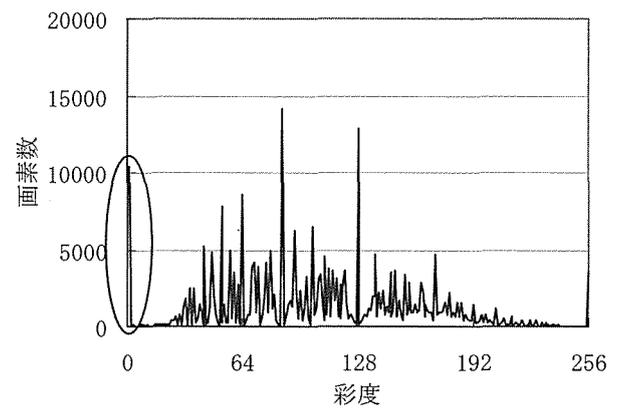


図 16 彩度のヒストグラム (白のみ)