

AR マーカーを利用した小ギク蕾径計測と 集計方法の効率化についての検討

林田 平馬^{†1} 印田 清秀^{†2} 増山 史倫^{†1}

奈良県産業振興総合センター^{†1}

奈良県農業研究開発センター^{†2}

1. はじめに

奈良県は、県北部の奈良盆地に広がる平野部を除くと、概ね南部や東部の山間部に代表される、谷あいのわずかな平野部しかなく、そこで行われる農業は、傾斜地で育つ果樹などの他に、大都市近郊の立地を活かした花卉類やイチゴの栽培などが行われている。特に、県北西部を流れる竜田川沿いに広がる平群町では、古くから小ギクの生産が盛んで、夏秋期の生産量は日本一を誇る。この小ギクの栽培は、谷あいの平野部から、段々畑で山の中腹程度にまで広がっており、散在している。また、平群地域での小ギクの栽培は露地栽培が主のため、気候による生育度合いの変化が大きく、産地全体としての出荷時期と収量の予測が難しい。このため、売り手側となる農協などから、産地全体の収量予測や出荷ピークを早期に知る方法がないか求められており、奈良県産業振興総合センターと奈良県農業研究開発センターの共同で研究開発を進めている。研究開発は、主に生育ステージの判定部と、気象及び土壌の条件を加味した開花日予測に分かれて研究しており、これらを最新の IoT や AI 技術を駆使して実装し、低コストで運用しやすく、精度の高い予測が可能なシステムを目指している。本稿では、このうち、正しいステージ判定を行うための判定エンジンの開発や開花予測モデルの作成に必要な、画像データの収集方法及び、蕾径の計測方法について検討し、実施した結果について報告する。

2. 生育ステージの判定

小ギクは発蕾後、蕾径が概ね一次関数的に増加し開花することが知られており [1] [2], 本研究開発でも蕾径に着目することにした。ただし、小ギクの蕾径は生育しても 10mm 程度で、2 日間で 0.5mm 程度と非常に小さな変化であること、また、蕾径計測方法がノギスを使って蕾を挟み、計測する手法が一般的で、蕾に傷をつけたり、真円ではない形状のどこを測るべきかなどを考慮したり、将来的に生産者の方に協力を依頼することを考慮すると現実的に日々行える作業ではない。そこで、圃場の様子を一定の条件で撮影した画像を用いて、ステージ判定を行う手法を用いることにした。具体的には、小ギク数株が一度に写る画角で撮影した画像を縦 299 画素、横 299 画素のパッチに分割し、それぞれのパッチ毎の生育ステージを判定し、集計結果を用いて、撮影された圃場の生育ステージを判定するというものである。判定する AI には Google 社が開発した畳み込みニューラルネットワーク Inception-V3 を用いることとし、その学習に必要なデータとして、圃場を撮影した画像と、その撮影日の正確な生育ステージ情報(期待する判定結果を付与するアノテーション)が必要となる。

Examination of Efficiency Improvement of Kogiku Bud Diameter Measurement and Aggregation Method Using AR Marker

^{†1} Heima HAYASHIDA, Fumihito MASUYAMA, Nara Prefecture Institute of Industrial Development

^{†2} Kiyohide INDA, Nara Prefecture Agricultural Research and Development Center

3. 正確な生育ステージ情報の作成

生育ステージとは、小ギクの成長度合いを判定する AI において、クラス分類問題として扱えるように定めた指標とし、本研究開発では蕾径で定めることにした。このため、実際の圃場で成長する小ギクの蕾径を一定周期で正確に計測し、整理する必要がある。その手法について検討した結果、ノギスを用いた従来法(蕾をノギスで挟み測る)での計測では、次の点で課題があることがわかった。

- ①ノギスを使って計測を行うと蕾を傷つけることがある。傷をつけると生育への影響がでる。
- ②蕾が真円であることは少なく、日々の計測で同じ場所を測ることが難しい。
- ③計測結果はノート等にメモし、持ち帰ってパソコンの表計算ソフトに入力し集計するため、数多く測ると集計作業の負担が増える。

このため、本稿で報告する AR マーカーを利用した手法を検討し、専用ツールの開発を行い、精度や使い勝手の検証を行った。ノギス及びマーカーによる計測の様子を図 1 に、生育ステージの一例を表 1 に示す。



図 1 ノギスによる計測(左)と AR マーカーによる計測(右)

表 1 生育ステージの一例

ステージ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
蕾径(mm)	~3.9	4.0~	4.5~	5.0~	5.5~	6.0~	6.5~	7.0~	7.5~	8.0~	8.5~

4. AR マーカーを利用した計測手法

AR マーカーとは、単眼のカメラ画像から正確な 3 次元位置姿勢と、大きさ(画素数)を認識するために開発された技術で、主に、人が知覚したい対象にコンピュータによる情報の追加をリアルタイムで行うことで知覚の拡張を試みる、拡張現実(Augmented Reality)と呼ばれる分野で、カメラで撮影された画像情報を通じて位置と姿勢を示すために用いられている。また、オープンソースの画像処理パッケージである OpenCV2 に実装されている ArUco^[3] ライブラリを Python 言語で import して利用することで、AR マーカーを画像内から読み取り、その大きさを得ることが容易にできる。このため、事前に計測しておいた既知の情報である AR マーカーの実測値と比較することで、1 画素分

の実測値相当の値が得られる。計測者は、AR マーカーと蕾が並んで写った画像をシステムに投入し、蕾を取り囲むように3点を指定し、円を描くことで蕾径が得られる仕組みとした。蕾の撮影風景と計測システムの画面を図2に示す。



図2 蕾の撮影風景と計測システムの画面

5. AR マーカーを利用した計測の精度

AR マーカーを利用して行う計測と、従来法であるノギスを用いて行う計測とで精度の比較を行った。比較対象の蕾は10検体を選び、ノギスでは5カ所を測定し、その平均値を、画像処理に関しては、1検体につき同条件で3枚撮影し、その平均値を比較した結果、±0.2mm以下と良好な結果が得られた。また撮影条件についても調査し、基準となる6.8mmの蕾径に対し、マーカー位置が水平方向や上下方向にずれた場合や傾斜角が付いた場合にどの程度の誤差になるか確認したところ、水平方向については寛容で、上下方向へのずれに厳しく、傾斜角にも注意が必要なが分かった。このため、撮影時には蕾との位置関係を一定にするため、マーカーが記載された専用プレートを作成し、撮影と計測を進めている。画像処理とノギスで測定した蕾径の比較を表2に、AR マーカーの計測位置による影響を図3示す。

表2 画像処理とノギスで測定した蕾径の比較

測定方法	蕾径 (mm)									
	蕾1	蕾2	蕾3	蕾4	蕾5	蕾6	蕾7	蕾8	蕾9	蕾10
画像処理	6.21	7.43	6.22	4.80	6.00	7.45	5.56	8.19	8.35	4.74
ノギス	6.12	7.34	6.17	4.79	5.84	7.47	5.57	8.34	8.38	4.60
誤差	0.10	0.09	0.05	0.00	0.17	-0.03	-0.01	-0.16	-0.04	0.14

* 画像処理は3枚の平均値、ノギスは5カ所測定した平均値

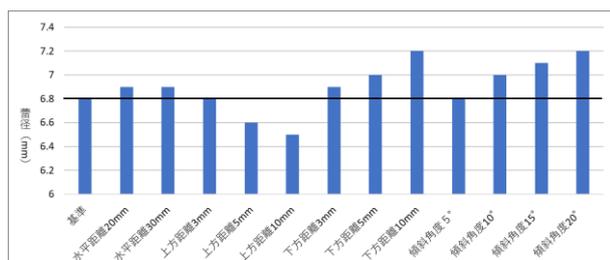


図3 AR マーカーの計測位置の影響

6. 計測システムの構成

計測システムは、オープンソースで開発・公開されている Node-RED を利用し、Web システムとして実装している。

このためブラウザがあればソフトウェアのインストールなしに利用可能である。Node-RED の template ノードで作成した Web ページで、撮影した画像を一枚ずつアップロードし、ブラウザ上に表示された蕾画像を、拡大縮小やマウスドラッグによる移動などを使い、確認しやすい大きさにし、蕾を内包する円をイメージして通過する3点をマウスでクリックすると、内接する円を描画し、即座に直径が計算され表示される。計測がうまくいっていれば、その状態で保存することで、サーバ側に記録され、次の画像をアップロードし、同様に計測していく。一つのグループの計測が終了した時点で、CSV 形式で計測結果をまとめてダウンロードすることで、表計算ソフト等への取り込みも容易となる。計測結果に添える撮影日情報は、写真ファイルに付与されている Exif 情報からの自動入力としている。大きさ検出に利用している AR マーカーには、白と黒のパターンが印字されており、6x6 マスの場合は、最大 1000 個(本研究開発では 250 個用のマーカーを使用)の ID を埋め込めるため、圃場ごとや品種ごとに、マーカーを変えることで、より集計作業を軽減することもできる。また、データの入力が画像やファイル名を確認しながら(ソートを使えば撮影順に並ぶ)行うため、取り違える要素が少なく、データ入力時の確認作業もしやすいと好評であった。Exif 情報には、撮影機器の設定で位置情報も埋め込めるため、撮影場所の圃場の自動検出なども検討している。調査時間の比較を表3に示す。

表3 蕾10個当たりの調査時間の比較

	画像撮影	ノギス測定	画像処理	データ入力	合計
画像処理で測定	2分9秒	-	5分38秒	-	7分47秒
ノギスで測定	-	9分55秒	-	1分28秒	11分23秒

* 画像処理は2枚撮影、ノギスは花蕾当たり3カ所測定

7. まとめ

2019 年度からの取組で、AI 用の学習データおよび開花予測モデル作成用のデータの収集作業を軽減すべく、システムの開発を進めてきた。数多くのデータを効率的に処理するため、主に操作性の向上を現場の意見を聞きながら細かく改良を重ねてきた。2020 年度には、対象圃場を 8 カ所に拡大するなど、計測本数も一気に 3 倍(R1 年度:603 本, R2 年度 2005 本)以上に増やし、データ取りを進めており、AI によるステージ判定も良好な結果を得つつある。また、蕾径を計測する際にシステム上で入力した蕾の中心位置座標と大きさの情報は全てサーバ側に残っており、撮影画像に対して蕾の位置と大きさがアノテーションされた状態になっている。このため、将来的には蕾の位置や大きさを自動判定する AI や、直接ステージ判定まで行う AI の学習に使えればと考えている。

参考文献

[1] 森 義雄, 鴻野 信輔, 後藤 丹十郎, 発蕾以降のジベレリン散布が 8 月出し夏秋小ギクの開花および切り花品質に及ぼす影響, 園芸学研究, 2013, 12 巻, 1 号, pp. 103-108.
 [2] 島 嘉輝, 谷口 操枝, 夏秋コギクの感光性を利用した開花調節技術, 富山県農林水産総合技術センター園芸研究所研究報告第 1 号, 2010, pp. 23-30.
 [3] S.Garrido-Jurado, R. Muñoz-Salinas, F.J. Madrid-Cuevas, M.J. Marín-Jiménez, "Automatic generation and detection of highly reliable fiducial markers under occlusion", Pattern Recognition 47 (6), 2014, pp.2280-2292.