

チューリップのカメラ画像による病株判定システムの開発

機械情報システム課 金森直希 機械電子研究所 佐山利彦*1 機械情報システム課 本保栄治*2
農林水産総合技術センター 園芸研究所 西村麻実 八重樫元 山口清和*3

1. 緒言

富山県における花卉産業の主力品目であるチューリップ球根の生産は、人件費の削減が喫緊の課題であり、スマート農業化に向けた植込から収穫までの一連の作業を自動化する取組が進められている。しかしながら、唯一機械化できていない工程がある。それは、栽培中にウイルス病の蔓延を防ぐために高頻度で行う必要のある病株抜き取り作業である。ウイルス罹病株では、品種、ウイルス種、および生育段階によって異なる病徴が現れ、高度な診断技術を要する。現状では、作業の全てを熟練農家の経験に頼っており、その負担は大きい。病株検知が容易になれば、作業の省力化や自動化が期待できる。

そこで本研究では、栽培中のチューリップをカメラ撮影したデジタル画像から、株が病株か否かを判定する病株判定システムを開発することとした。本報告では、初年度の取り組みとして、複数品種の複数ウイルスによる病徴を対象として、病株判定システムの学習に資する画像データベースの作成、および病株判定システムの試作、評価について述べる。

2. 画像データベースの作成

病株検知の省力化メリットがより大きいと考えられる10品種を選定し、2つの温室にて栽培した。温室1では、促成栽培法にて黄小町(黄)、ローズビューティ(桃白)、およびプリシマ(白)を栽培した。温室2では、促成ではない通常の栽培法にてコンプリメント(紫桃)、コンペックス(桃紫)、ファンアイク(赤)、ハネムーン(白)、インペリアルレッド(赤)、ラリベラ(赤)、黄小町(黄)、およびサネ(桃)を栽培した。栽培中の株を週1回程度の間隔で撮影し、異なる生育程度における画像を取得した。株の撮影に当たっては、病株判定システムの学習効果がより得られ、安定した判定精度が得られるような工夫を施した。具体的には、複数種類のデジタルカメラを用い、株を様々な角度から撮影し、株以外の部分(地面や背景)の様子が撮影の度に異なるようにした。また、株ごとに各ウイルスに特異的な抗体を用いたTissue-blot immunoassay(TBIA)検定を実施し、ウイルス感染の有無と撮影画像をリンクさせた。これまでに病株判定システムの学習・評価に資する画像データベースの作成(すなわち、カメラ撮影、整理、およびデータ拡張)が完了した品種の、株の日齢ご

との画像枚数をTable 1およびTable 2に示す。ここで、TulMVはチューリップモザイクウイルス、LSVはユリ潜在ウイルス、TuSVはチューリップ条斑ウイルスである。

Table 1 Number of images of Kikomachi in the 1st greenhouse

Days after planting	TulMV	LSV	Healthy
24	2,796	1,662	11,430
34	1,548	1,020	7,338
42	1,656	1,074	7,308
48	1,350	738	5,694
56	1,188	732	5,310
63	1,236	738	5,448
69	1,206	738	5,538
77	1,200	714	5,292
84	852	504	3,756
Total	13,032	7,920	57,114

Table 2 Number of images of Rose Beauty in the 2nd greenhouse

Days after planting	TulMV	TuSV	Healthy
48	1,074	1,356	6,726
56	996	1,254	6,252
63	1,008	1,512	6,264
69	1,020	1,218	6,420
77	984	1,392	5,934
84	228	732	2,334
91	1,176	1,626	1,176
Total	6,486	9,090	35,106

3. 病株判定システムの作成・評価

Table 1およびTable 2に挙げた各品種の日齢ごとに、ウイルス罹病株であるか健全株であるかを判定する病株判定器を作成した。先行研究¹⁾により、日齢ごとに判定器を設けると判定精度が大きく向上することが分かっている。判定器は、事前学習済の畳み込みニューラルネットワーク AlexNet¹⁾および2クラス SVM(サポートベクターマシン)を組み合わせて構成した。この構成は、高い判定精度を追及したものではなく、(1)各品種の各ウイルス種による病徴についてどの生育段階で病徴が現れ始めどの段階で現れなくなるのか、(2)品種・病徴ごとの判定精度に大きな差が出るのかなどを迅速に確認することを大きな目的としている。

まず、対象の病徴の画像上の特徴が畳み込みニューラルネットワーク AlexNet によって抽出され、その抽出さ

*1 現 (公財)富山県新世紀産業機構、*2 現 電子デバイス技術課、*3 現 農林水産総合技術センター企画管理部

れた特徴量を使って機械学習による判別器の学習 (SVM判別器を学習) を行った。より具体的には、各品種・各病徴の日齢ごとに、画像データベースに登録された画像から無作為に70%を選んで判別器を学習させ、残りの30%の画像で判別器を評価した。判別器の評価結果を Table 3 および Table 4 に示す。例えば、黄小町の日齢が63日の株のLSVについては、TBIA検定でウイルス感染していると判断された株(罹患株)の91.5%を正しく判定し、残る8.5%を健全であると誤判定したことを示している。同様に、健全株については、99.1%を正しく判定し、残る0.9%を誤判定したことを示している。今回、病株判定器を作成

Table 3 Classification accuracy of Kikomachi in the first greenhouse (unit : %)

Days after planting	Virus assay	Classifier output			
		TulMV		LSV	
		Diseased	Healthy	Diseased	Healthy
24	Diseased	56.1	43.9	72.2	27.8
	Healthy	29.8	70.2	6.1	93.9
34	Diseased	73.8	26.2	69.9	30.1
	Healthy	8.0	92.0	5.0	95.0
42	Diseased	60.8	39.2	76.2	23.8
	Healthy	19.3	80.7	4.1	95.9
48	Diseased	69.0	31.0	66.2	33.8
	Healthy	11.3	88.7	5.6	94.4
56	Diseased	86.6	13.4	91.5	8.5
	Healthy	2.7	97.3	1.1	98.9
63	Diseased	79.9	20.1	91.5	8.5
	Healthy	4.9	95.1	0.9	99.1
69	Diseased	79.8	20.2	88.7	11.3
	Healthy	5.9	94.1	1.4	98.6
77	Diseased	64.3	35.7	76.6	23.4
	Healthy	9.9	90.1	3.1	96.9
84	Diseased	80.6	19.4	71.7	28.3
	Healthy	4.3	95.7	3.0	97.0

キーワード：チューリップ、画像、病株、判定、深層学習、機械学習

Development of Disease Determination System Using Tulip Camera Images

Mechanics and Digital Engineering Section; Naoki KANAMORI,

Mechanics and Electronics Research Institute; Toshihiko SAYAMA,

Mechanics and Digital Engineering Section; Eiji Honbo,

Bulletin of the Horticultural Research Institute, Agricultural, Forestry and Fisheries Research Center;

Mami NISHIMURA, Hajime YAEGASHI and Kiyokazu YAMAGUCHI

We created image databases that contribute to learning of disease determination systems using tulip camera images, and prototyped and evaluated disease determination systems.

した2品種の各ウイルスによる病徴については、株の日齢がそれほど若くない場合に、概して高い正答率が得られることがわかった。株の日齢が同じでも品種・病症間で正答率が大きく異なる場合があることもわかった。

Table 4 Classification accuracy of Rose Beauty(unit : %)

Days after planting	Virus assay	Classifier output			
		TulMV		TuSV	
		Diseased	Healthy	Diseased	Healthy
24	Diseased	56.4	43.6	54.5	45.5
	Healthy	18.7	81.3	29.2	70.8
34	Diseased	60.1	39.9	69.5	30.5
	Healthy	13.3	86.7	10.0	90.0
42	Diseased	83.1	16.9	80.8	19.2
	Healthy	2.4	97.6	5.4	94.6
48	Diseased	71.6	28.4	81.6	18.4
	Healthy	4.4	95.6	4.1	95.9
56	Diseased	82.9	17.1	79.1	20.9
	Healthy	3.0	97.0	5.8	94.2
63	Diseased	85.7	14.3	89.2	10.8
	Healthy	0.6	99.4	2.8	97.3
69	Diseased	89.7	10.3	83.1	16.9
	Healthy	1.4	98.6	3.9	96.1

4. 結言

チューリップの複数品種・病症を対象として、カメラ画像による病株判定システムの学習に資する画像データベースの作成、および病株判定システムの試作・評価を行い、概して高い正答率が得られた。

参考文献

- 1) 金森ほか：富山県産業技術研究開発センター研究報告, 33 (2019), 75-76.