

# 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、林 千歳 電子デバイス技術課 本保栄治\*1

農林水産総合技術センター 園芸研究所 八重樫元\*2、西村麻実、西畑秀次

## 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、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。機械化できていない工程として、栽培中に高頻度で行う必要のある病株抜き取り作業がある。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、診断には経験を要することから、現状では熟練農家に頼っており、その負担は大きい。病株検知が容易になれば、作業の省力化等に繋がる。

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 AI 利用の病株判定システムを開発することとした。本報告では、複数の品種・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、病株判定システムの試作・評価、およびモバイル機器を使った実圃場での撮影・判定動作確認について述べる。

## 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 4 品種（黄小町（黄色）、ベンバンザンテン（赤色）、紅美人（赤色）、白雲（白色））を露地栽培し、栽培中の株を週 1 回程度の間隔でカメラ撮影することで、複数の品種・生育段階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（地面などの背景）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画像をリンクさせた。取得した画像枚数は、紅美人のチューリップモザイクウイルス (TulMV) のものについては Table 1 に、黄小町の条斑病ウイルス (TuSV) およびユリ潜在ウイルス (LSV) のものについては Table 2 に示す。残る 2 品種の他のウイルス病徴のものについても同程度の枚数を取得した。

## 3. 病株判定システムの作成・評価

前章に挙げた各品種の日齢ごとに、対象のウイルス罹病株であるか否かを判定する病株判定器を作成した。先

Table 1 Number of images of Tulipa Kurenai-bijin

Days after planting	TulMV	
	Positive	Negative
136	1,324	2,518
147	1,751	3,350
155	2,476	4,680
164	1,508	2,832
170	1,294	2,578
173	1,236	2,418
202	1,072	1,995

Table 2 Number of images of Tulipa Kikomachi

Days after planting	TuSV		LSV	
	Positive	Negative	Positive	Negative
139	765	4,278	876	4,176
148	1,023	5,022	1,067	4,978
156	1,020	4,395	949	4,466
164	611	3,087	632	3,066
171	581	2,771	584	2,768
177	541	2,452	527	2,466
184	1,239	1,682	515	2,406
213	505	2,379	520	2,364

行研究により、生育段階ごとに判定器を設けると判定精度が向上することが分かっている。判定器には、学習速度と精度のバランス、および使用するコンピュータの性能（計算時間）を考慮して、事前学習済の畳み込みニューラルネットワーク ResNet-50 をカスタム化したもの (CNN) を使用した。使用した GPU は NVIDIA GeForce RTX3090 ×1 個、同 RTX2080Ti ×2 個、同 RTX2080 ×1 個であり、使用したソフトウェアは MATLAB である。

各品種・各ウイルス病徴の日齢ごとに、画像データベースに登録された画像から無作為に 70% を選び、これらの画像に対して前処理・データ拡張を施したデータセットを用いて判定器を学習させ、残りの 30% の画像で判定器の性能を評価した。この学習・評価過程を 3 回繰り返し、評価の平均値を算出した。Table 1 に示した紅美人の画像を用いて学習・評価した結果を Table 3 に示す。例えば、日齢が 136 日の株について、TBIA 検定で陽性であると判定された株の 99.83% を正しく判定し、残る 0.17% を陰性であると誤判定したことを示しており、TBIA 検定で陰性であると判定された株については、99.60% を正しく判定し、残る 0.40% を誤判定したことを示している。同様に、Table 2 に示した黄小町の画像を用いて学習・評価した結

\*1 現 ものづくり研究開発センター、\*2 現 岩手大学

Table 3 Classification accuracy of Kurenai-bijin (unit : %)

Days after planting	Virus assay	Classifier output	
		Positive	Negative
136	Positive	99.83	0.17
	Negative	0.40	99.60
147	Positive	99.81	0.19
	Negative	0.36	99.64
155	Positive	99.82	0.18
	Negative	0.07	99.93
164	Positive	99.56	0.44
	Negative	0.47	99.53
170	Positive	99.48	0.52
	Negative	0	100
173	Positive	99.46	0.54
	Negative	1.10	98.90
202	Positive	99.07	0.93
	Negative	0.33	99.67

Table 4 Classification accuracy of Kikomachi (unit : %)

Days after planting	Virus assay	Classifier output			
		TuSV		LSV	
		Positive	Negative	Positive	Negative
139	Positive	96.36	3.64	94.30	5.70
	Negative	0.16	99.84	0.21	99.79
148	Positive	97.39	2.61	94.69	5.31
	Negative	0.29	99.71	0.07	99.93
156	Positive	98.15	1.85	98.71	1.29
	Negative	0.05	99.95	0.10	99.90
164	Positive	96.72	3.28	92.81	7.19
	Negative	0.40	99.60	0.18	99.82
171	Positive	98.08	1.92	96.95	3.05
	Negative	0.56	99.44	0.36	99.64
177	Positive	97.33	2.67	94.73	5.27
	Negative	0.59	99.41	0.18	99.82
184	Positive	95.02	4.98	90.69	9.31
	Negative	0.60	99.40	0.14	99.86
213	Positive	94.70	5.30	91.67	8.33
	Negative	0.33	99.67	0.24	99.76

キーワード：チューリップ、画像、病株、判定、深層学習

## Development of Disease Determination System Using Tulip Camera Images

Mechanics and Digital Engineering Section; Naoki KANAMORI, Chitoshi HAYASHI,

Electronics and Device Technology Section; Eiji Honbo,

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

Hajime YAEGASHI, Mami NISHIMURA and Hidetsugu NISHIHATA

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

果を Table 4 に示す。昨年度の試行<sup>2)</sup>と比べると、品種等が異なるものもあるが、判定精度は大きく向上した。対象とした 4 品種の全日齢・全ウイルス病徴について、90%以上の陽性正答率・陰性正答率が得られた。

### 4. 実圃場での動作確認

今後実施予定の実圃場での判定実験に向け、テスト用の CNN をカメラ付きモバイル機器へ実装し、実圃場において動作確認を実施し、正常に撮影・判定動作することが確認できた。動作確認の様子を Fig. 1 に示す。



Fig. 1 Operation check using a mobile device in the actual field

### 5. 結言

チューリップの複数の品種・ウイルス病徴を対象として、カメラ画像による病株判定システムの、学習に供され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。また、モバイル機器へ実装して実圃場での撮影・判定動作の確認ができた。実用化のためには、様々な状況の画像を収集・作成し、実圃場での検証を繰り返すことを通して、判定の安定性をより高めることが必要である。

### 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.
- 2) 金森ほか：富山県産業技術研究開発センター研究報告, 34 (2020), 76-77.