

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 16 日現在

機関番号：32675
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2017～2019
課題番号：17K08033
研究課題名(和文) 深層学習と次元削減技術を用いた環境変化にロバストな植物病自動診断システムの開発
研究課題名(英文) Development of robust plant diagnosis system with deep learning and dimensional reduction
研究代表者
彌富 仁 (Iyatomi, Hitoshi)
法政大学・理工学部・教授
研究者番号：10386336
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：植物病害の早期発見のために、画像を用いた自動診断および各種重要技術の開発を行った。24府県の試験場で撮影され、病気名と共に提供された4作物(きゅうり、トマト、なす、いちご)の画像計20万枚以上を用い病害識別器を構築した。得られた識別器の多くは交差検定法で9割以上の病害識別能を実現し、それらを現場で活用できるよう連携機関にwebで公開した。また実環境で優れた診断精度を実現するための過学習を抑える様々な手法(葉や茎などの注目領域の抽出、各種新しい学習手法、学習データの生成方法)や、広角画像から同時に診断が行える診断技術や、その際に精度の低下を抑える超解像技術の開発など、多岐にわたる成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

植物病害は、農業生産の量と質に大きな損失となる。早期発見が重要であるが、診断は専門家の目視に頼っており時間的、金銭的なコストが課題となっている。スマートフォンや遠隔カメラなどによる、高速かつ安価で正確な自動診断技術が実現し、普及できれば、世界中において農業経済的な損失を減らすのみならず、今後の世界的な人口増大に伴う食糧事情の改善にも大きく貢献できる。我々は、本研究により得られた様々な成果を元に構築した植物病害識別器を、画像を提供して下さった24府県に実検証用のためwebで公開した。今後も逐次更新を予定しており、研究としての成果のみならず実践的な成果として今後の活用が期待される。

研究成果の概要(英文)：We have developed automated image-based diagnosis and various key technologies for the early detection of plant diseases. We developed disease discriminators using more than 200,000 images of four crops (cucumber, tomato, eggplant, and strawberry) taken at 24 prefectural agricultural research centers. Most of the obtained discriminators have achieved more than 90% disease discrimination by the cross-validation method, and we have made them available on the web to our collaborators for use in the field. We have also achieved a wide range of results, including various methods to reduce over-fitting in real-world environments (extraction of regions of interest such as leaves and stems, various new training methods, and methods for generating training data), diagnostic techniques that allow simultaneous diagnosis from wide-angle images, and super-resolution techniques that reduce the loss of accuracy in such situations.

研究分野：機械学習

キーワード：植物病害 自動診断 深層学習 機械学習 早期発見

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

植物病に対する診断は専門家による目視あるいは遺伝子検査など、金銭的・時間的コストがかかるため自動診断技術の開発が望まれてきた。しかし2015年末までは葉や茎などの色やパターンを解析するなど極めて初歩的なものに限られていた。申請者はこれまで植物を専門にする研究者、埼玉県の農業試験場と連携し、深層学習を応用した画像解析手法を開発し、キュウリの葉の写真を圃場で撮影するだけで、典型的な7種類のウイルス病に対して平均80%以上の精度で識別できる識別器を構築した。しかしこれまでの研究で、植物の状態は病気の他に生理障害も含めて多様であり、また写真の撮影環境も様々なため、頑健で信頼性の高い診断のためには、解析対象のデータ構造に基づく改善が必要であることが示唆された。

2. 研究の目的

植物、特に野菜や果実の病気を、高精度で、かつ簡単に（一般的なデジタルカメラ、あるいはスマートフォンで撮影するだけで即座に）診断できるシステムを開発する(図1)。

本研究では、実現するための技術要素を以下の2段階に分けて研究を実施する

[(1) 頑健な深層学習識別器の構築] 識別対象の植物の画像データが持つ固有の低い次元数を解析的に明らかにすることで、深層学習(deep learning)による診断精度を向上させる手法を開発する。

[(2) 植物病の実際の診断システムの構築] (1)で開発した識別器を用いてまずは実績のあるキュウリを対象に、多様な病気の診断システムを構築し、順次トマトなど対象を拡大する。

機械学習において、過学習（学習データへの過度な適合による汎化性低下）は最も重大な問題の一つである。限られた数の学習データのみから、優れた識別器を構築するには、優れた低次元表現の獲得や、優れた学習アルゴリズムの適用が求められる。

(1)では、植物病自動診断実現のため、問題の性質を考慮しながら機械学習の本質的な問題に取り組む。

(2)では、様々な画像の撮影環境下で、病気の種類識別において平均80%以上、また可能な対応策の（農薬の種類、除去など）推定で90%以上の精度実現を目標とする。我々の研究は、農業現場における植物病害による収量低下を低減し、農業経済に貢献するとともに、将来予見されている深刻な食糧不足に対する一助とすることを目的とする。



図1 開発する植物病自動診断システムの概略図

3. 研究の方法

[(1) 頑健な深層学習識別器の構築]

深層学習器である convolutional neural networks (CNN) モデルを応用し、sparse subspace clustering (SSC) を数学的に裏付けられた手法を効果的に組み合わせることで計算量を抑制しつつ独自の頑健な深層学習器を開発する（当初計画）。

近年急速に発展している機械学習技術の進歩により提案されている新しい学習モデル（例：敵対的生成ネットワーク (GANs) を元にした様々なモデルなど）を逐次取り入れて、植物病診断特有の制約、特徴を生かした独自の優れたシステムの開発を行った。

[(2) 植物病の実際の診断システムの構築]

① まずは経験のあるキュウリの主要な病気（ウイルス病、細菌、バクテリア等）ほぼ全て、

② 実用上のメリット、学習画像の入手状況に応じて、トマトをはじめ他の作物においても

(1)の成果を利用し高精度な識別システムを構築する。（当初計画）

研究の進捗および、他の農業試験場との効果的な連携により (1),(2) の開発と並行して、トマト、ナス、いちごに関しても(1)で得られたノウハウを順次適用し、識別器の構築を行った。

4. 研究成果

研究の過程で、これまでご協力いただいていた埼玉県に加え、農研機構（国の研究機関）と23府県の農林試験場（公設試験場）との連携が実現した。実際の試験場で隔離した環境で育成した、きゅうり、トマト、なす、いちごの4作物について、健全および、各種病害の写真をこれまでに合計計20万枚以上提供を受け、それらをもとに診断技術および関連技術に関する研究を行ってきた。これにより、識別能においては、試験場の圃場で撮影された4作物において交差検定による評価で平均8-9割の精度を実現し、当初の目標を達成した。またそれ以外にも植物病自動診断につながる重要な成果を多く得た。以下、これらの成果を5つに大きく分類して報告する。

(1) 背景等が過学習を引き起こすことを特定し効果的な対策技術の開発

植物病害を特徴づける病徴は、一般物体認識問題における特徴と比べてかすかなため、識別器が病徴ではなく学習データの背景などに過学習する事が研究を通して明らかになった。そのため病徴を含む注目領域（葉や茎など）を事前に特定する技術の開発を行った。この問題は一見簡単だが、様々な条件下でこれを正しく実施するのは容易ではない。近年提案され優れた様々な成果を挙げている複数の深層学習器がお互いを騙しあうように学習を行う、敵対的生成ネットワーク(GANs)を元にした Pix2Pix[1]と呼ばれる手法を領域抽出問題に応用することで、高精度な注目領域技術を確立し、これが未知の圃場の画像の識別精度を大きく向上できることを確認した。

また、この手法を応用して、植物自動診断の分野ではこれまで困難で報告がなかった、注目領域が極めて小さい花柄、果柄（茎）の部位に発生する病変に対して初となる自動診断技術を確立した（図2）。

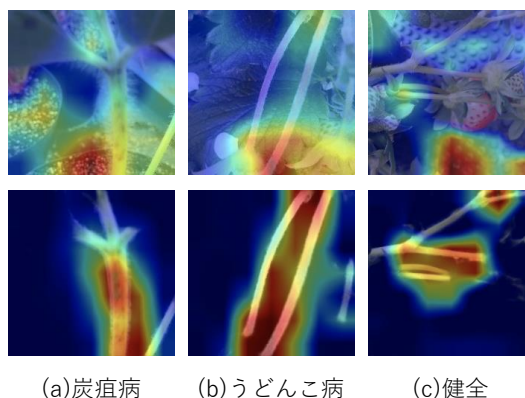


図2 いちご 花柄・果柄画像を対象とした病害識別器の識別根拠領域の可視化の例（根拠領域：赤>黄>緑>青>黒）

（上段）通常の深層識別器のみでは過学習により病気とは無関係な領域を注目をしている。

（下段）提案する関心領域抽出技術の導入で、適切に病徴のある柄領域に注目できている。過学習が抑制され、未知圃場の診断において大幅な識別能向上を果たし、申請者の知限り初めての同部位に対する自動診断技術が実現した。

(2) 入力画像の特徴をできるだけ保存した上での次元削減技術の獲得

高い次元のデータは過学習の大きな原因である。当初の計画では subspace clustering を深層学習と組み合わせた手法で取り組むことを検討していたが、異なる手法でこれを実現した。

深層学習手法の convolutional autoencoder(CAE)に、同じ種類(病気)のデータは、その低次元表現も似ているべきという考えに基づき metric learning を組み込むことで高次元データの特徴をある程度保持した上で、1/1000~1/4000 程度と大幅な次元削減を実現し、得られる低次元空間が病気の進行度合いと関連して適切に得られることを確認した。これは植物病自動診断に限らず一般的な問題にも適用できる手法である。

(3) 過学習を抑えるためのデータ生成

24 府県の協力により、多くの学習用画像データが提供されているが、病害の発生は自然に依存するため、対象とする病気によっては十分でないものもある。前述の GANs は画像の生成にも応用できるが、生成できる画像の種類は学習データに依存するため、学習データに類似して、大きく離れた全く新しい種類の画像の生成は行えない。そうした背景から我々は、比較的多くの学習データが入手できる健全データに対して、画像特徴を転写できる CycleGAN[2]と呼ばれる手法および、上記の注目領域検出技術を組み合わせることで、病気の特徴を健全画像の必要な部位のみに付与する独自の効果的な手法を開発した（図3）。従来の CycleGAN では不自然な画像が得られる場合が多いが、提案手法では極めて自然で多様な画像の生成が確認でき、こうして得られる画像を学習画像に含めた場合に診断精度が7%程度向上することも確認できた。



図3 健全画像（左）を元にした、従来手法（中央）と提案手法（右）によるキュウリ褐斑病画像の生成例

従来の手法でも病変が確認できるが、背景の色などが大きく変化してしまっている。またこうして生成された画像を学習データに加えても、診断精度向上効果は見られなかった。

提案手法は適切な部位のみに病変が付与され見た目も自然な画像が得られた。またこれらを学習データに加えることで識別器の診断精度は約7%向上した。

（図は申請者らの成果 Cap et al. “LeafGAN: An Effective Data Augmentation Method for Practical Plant Disease Diagnosis,” ArXiv2002.10100 より引用）

[1] Isola et al., “Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Training,” IEEE CVPR2017

[2] Zhu et al., “Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks,” ICCV2017

(4) 識別器自体の構築と、最新モデルの web 公開

我々は上記のように実際の応用を想定した病害識別器の開発を行っている。

このうち、2018 年度には世界初の複合感染に対する病害識別器を開発した。この識別器は、キュウリの病気 11 種（ウイルス 7 種、菌 4 種）および、それらの複合感染計 13 種および健全の計 25 カテゴリの分類において交差検定において平均識別率 95%を達成した。そのほか、転移学習を効果的に用いた、なす、とまと、いちごの識別において交差検定において 8-9 割程度の識別率を実現している。また、これまでの過程で得られた技術を反映させた、きゅうり、とまと、なす、いちごに対する識別器を共同研究先である 24 府県の農林試験場に web 公開して、実際に活用および検証していただいている（図 4 はナスのうどんこ病感染葉に対する、診断実施例）。

一方で、未知の環境で撮影された初期病徴や、専門家が目視でも判断が難しい作物など、識別精度は 8 割に達しない作物・病害もあり、また、人工的に生成が難しいが重要となる生理障害（病気ではないが、特定の栄養や水の不足など）の診断など、今後のさらなる研究が必要である。



図 4 我々が公開している診断システムのナスの葉に対する実行例

(5) 広範囲での識別およびその関連技術の開発

農業現場に対するより実践的な支援技術として、これまでこの研究分野で行われている 1 枚の写真で 1 つの対象とした診断ではなく、定点観測カメラなどの利用を想定した広範囲を対象とした、同時識別技術の開発も行った（図 5）。これは高いニーズがあるにもかかわらず、教師データの作成が極めて困難なことから、世界的にも実施例がほとんどない内容である。

この問題に対しては、実際の複数の圃場の画像を解析した結果、従来のコンピュータビジョン分野で高い実績を挙げている手法（SSD[3]など）をそのまま適用するだけでは、新しい環境の病気を適切に診断することが困難であることが明らかになった。我々は比較実験を通じて、検出と識別を 2 段階で行う必要性とその手法を提案した。提案手法は、未知圃場において病害、健全株の検出能において平均 F-1 スコアで約 15~17%の性能向上を実現し、今後のさらなる改善が必要であるが、広域圃場における感染株早期発見の目的に貢献できる精度を実現した。

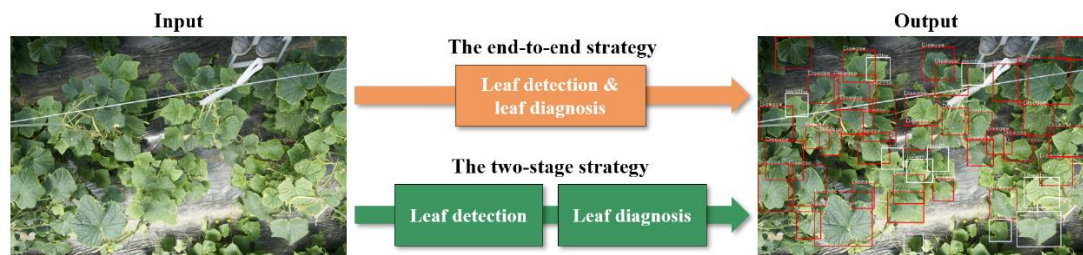


図 5 定点固定カメラを利用した広域一括診断の例

従来のコンピュータビジョン分野で優れた評価を得ている手法は、未知の圃場で著しく精度が低下する。提案する 2 段階手法は、病害の初期発見の目的において十分利用できる精度を実現した。

（図は申請者らの成果 Suwa et al, “A comparable study: Intrinsic difficulties of practical plant diagnosis from wide-angle images,” IEEE Proc. BigData2019 より引用）

[3] Liu et al., “SSD: Single Shot MultiBox Detector,” ECCV2016

また、広域画像診断においては画像解像度の低下が診断精度の大幅な低下につながる。我々は植物画像を対象とした独自の超解像手法を開発した（図 6）。この手法は、高解像画像を極めて詳細に生成でき、縦横 4 倍の超解像画像を生成しテスト画像に用いた場合に、診断精度を約 27% 向上させ（92.5%）、実際の高解像画像を用いた場合（95.5%）に近い精度を実現した。



(a) 元画像（低解像度） (b)従来手法による超解像 (C)提案手法による超解像 (d)未知の高解像度画像

図 6 キュウリの葉画像の超解像(縦横 4 倍)の例

提案する超解像手法は、従来手法よりも高解像な画像を得られ、これらを評価に用いた場合に診断精度は、27%向上した。(図は申請者らの成果 “Super-Resolution for Practical Automated Diseases Diagnosis System” CISS2019 より引用)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Erika Fujita, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 7 (4.11)
2. 論文標題 A Practical plant diagnosis system for field leaf images and feature visualization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Engineering & Technology	6. 最初と最後の頁 49-54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14419/ijet.v7i4.11.20687	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Huu Quan Cap, Katsumasa Suwa, Erika Fujita, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 7 (4.11)
2. 論文標題 An end-to-end practical plant disease diagnosis system for wide-angle cucumber images	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Engineering & Technology	6. 最初と最後の頁 106-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14419/ijet.v7i4.11.20784	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Huu Quan Cap, Hiroki Tani, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 -
2. 論文標題 Super-resolution for practical automated plant disease diagnosis system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. Information Sciences and Systems (CISS2019)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CISS.2019.8692855	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hiroki Tani, Ryunosuke Kotani, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 -
2. 論文標題 Diagnosis of Multiple Infections of Cucumber with Convolutional Neural Networks	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. IEEE Applied Imagery Pattern Recognition (IEEE AIPR 2018)	6. 最初と最後の頁 118-122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/AIPR.2018.8707385	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayato Arai, Yusuke Chayama, Hitoshi Iyatomi, and Kenichi Oishi	4. 巻 1
2. 論文標題 Significant Dimension Reduction of 3D Brain MRI using 3D Convolutional Autoencoders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc IEEE Biomedical Engineering (IEEE EMBC 2018)	6. 最初と最後の頁 5162-5165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EMBC.2018.8513469	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Quan Huu Cap, Erika Fujita, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 1
2. 論文標題 A Deep Learning Approach for on-site Plant Leaf Detection	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. IEEE Signal Processing and its Applications (IEEE CSPA 2018)	6. 最初と最後の頁 120-124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CSPA.2018.8368697	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 彌富 仁	4. 巻 26,4
2. 論文標題 植物病害自動診断技術の動向と課題	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本神経回路学会誌	6. 最初と最後の頁 123-134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.3902/jnns.26.123	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yuto Onga, Shingo Fujiyama, Hayato Arai, Yusuke Chayama, Hitoshi Iyatomi and Kenichi Oishi	4. 巻 -
2. 論文標題 Efficient feature embedding of 3D brain MRI images for content-based image retrieval with deep metric learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Conference on Big Data	6. 最初と最後の頁 3764 - 3769
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData47090.2019.9006364	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Takumi Saikawa, Quan Huu Cap, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 -
2. 論文標題 AOP: An Anti-overfitting Pretreatment for Practical Image-based Plant Diagnosis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Conference on Big Data	6. 最初と最後の頁 5177-5182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData47090.2019.9006567	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Katsumasa Suwa, Quan Huu Cap, Ryunosuke Kotani, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi	4. 巻 -
2. 論文標題 A comparable study: Intrinsic difficulties of practical plant diagnosis from wide-angle images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. IEEE International Conference on Big Data	6. 最初と最後の頁 5195-5201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/BigData47090.2019.9006556	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 碓田孝之、中里正行、永野武史、岡崎敬、宮内陽介、高橋修一郎、宇賀博之、彌富仁、鍵和田聡
2. 発表標題 深層学習器を用いたカンキツの病害虫診断システムの開発
3. 学会等名 平成31年度 日本植物病理学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田邊肇比古、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 2段階転移学習によるナス病害自動診断システム開発の試み
3. 学会等名 情報処理学会 第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小田桐海翔, 彌富 仁, 鍵和田聡, 宇賀博之
2. 発表標題 背景多様性の疑似拡張によるトマト自動診断への影響の調査
3. 学会等名 情報処理学会 第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅野怜, 鍵和田聡, 宇賀博之, 彌富仁
2. 発表標題 合成画像を用いたイチゴ葉病害自動診断システム開発の試み
3. 学会等名 情報処理学会 第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤山眞吾, 音賀優颯, 新井颯人, 茶山祐亮, 彌富 仁, 大石健一
2. 発表標題 脳MRI画像における3次元オートエンコーダーによる特徴抽出時の中間表現の改善
3. 学会等名 情報処理学会 第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 音賀優颯, 藤山眞吾, 新井颯人, 茶山祐亮, 彌富 仁, 大石健一
2. 発表標題 3次元脳MRI画像の類似症例検索システムのための深層距離学習を用いた優れた低次元表現の獲得
3. 学会等名 情報処理学会 第81回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 犀川 巧、藤田 恵梨香、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 画像マスクによる植物病害自動診断システムの過学習抑制の試み
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷 洋樹、藤田 恵梨香、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 複合感染の検出が可能な植物病害自動診断システムの試み
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Huu Quan CAP, Erika Fujita, Katsumasa Suwa, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi
2. 発表標題 A basic study on leaves detection with deep learning features
3. 学会等名 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 黒川達嗣, 畠山恭輔, 宇賀博之, 藤田恵梨香, 川崎雄介, 彌富 仁, 鍵和田 聡
2. 発表標題 Convolutional Neural Networksを用いたキュウリ罹病葉の画像診断システムの開発
3. 学会等名 平成29年度 植物病理学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 菅野 怜、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 2段階の画像生成を活用した偏りのあるデータセットに対する実践的なdata augmentation
3. 学会等名 情報処理学会 第82回総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小田桐海翔、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 同一被写体の多様性に対する制約variational lossの提案
3. 学会等名 情報処理学会 第82回総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塩田大河、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 茎部に発生する植物病害自動診断装置の提案
3. 学会等名 情報処理学会 第82回総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 澁谷将吾、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁
2. 発表標題 中央領域に注目する Center Attention による頑健性の高い植物病害診断装置の構築
3. 学会等名 情報処理学会 第82回総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 延原 愛、金井勇樹、上村駿介、松坂朱莉、廣岡裕吏、大島研郎、石川成寿、宇賀博之、彌富 仁、鍵和田聡
2. 発表標題 深層学習を用いた作物部位ごとの植物病害画像診断システムの構築と早期診断モデル系による評価
3. 学会等名 令和2年度植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木順也、谷 洋樹、小池友香、延原 愛、廣岡裕吏、石川成寿、彌富 仁、鍵和田聡、大島研郎
2. 発表標題 深層学習器を用いたキュウリ斑点細菌病の初期病徴における画像診断システムの開発と評価
3. 学会等名 令和2年度植物病理学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 彌富 仁
2. 発表標題 植物病害画像診断における技術的課題と進捗～農水省病害虫AI診断プロでの実践から～
3. 学会等名 第10回農業環境インベントリー研究会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 彌富 仁
2. 発表標題 植物病に対する画像診断技術の現状と課題
3. 学会等名 2020年 電子情報通信学会 総合大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

彌富 仁研究室 研究業績とプロジェクト
<http://iyatomi-lab.info/project/overview>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----