

農林水産研究推進事業委託プロジェクト研究

人工知能未来農業創造研究

A I を活用した病害虫診断技術の開発

令和3年度 最終年度報告書

課題番号	17935051
研究実施期間	平成29年度～令和3年度（5年間）
代表機関	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 植物防疫研究部門
研究開発責任者	松村 正哉
研究開発責任者 連絡先	TEL : 029-838-8835
	FAX : 029-838-8484
	E-mail : mmasa@affrc.go.jp
共同研究機関	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 (野菜花き部門、植物防疫研究部門、農業環境研究部門、農業情報研究センター)
	岩手県農業研究センター
	茨城県農業総合センター
	新潟県農業総合研究所
	岐阜県農業技術センター
	広島県立総合技術研究所農業技術センター
	宮城県農業・園芸総合研究所
	栃木県農業試験場
	静岡県農林技術研究所
	兵庫県立農林水産技術総合センター
	香川県農業試験場
	長崎県農林技術開発センター
	福島県農業総合センター
	埼玉県農業技術研究センター
	長野県野菜花き試験場
	愛知県農業総合試験場
	高知県農業技術センター
	宮崎県総合農業試験場
	群馬県農業技術センター
	富山県農林水産総合技術センター
	山梨県総合農業技術センター
	三重県農業研究所
	京都府農林水産技術センター
	鹿児島県農業開発総合センター
	法政大学
	株式会社 ChillStack
	株式会社ノーザンシステムサービス
	名古屋大学
	日本農薬株式会社
	株式会社エヌ・ティ・ティ・データ
株式会社エヌ・ティ・ティ・データCCS	
普及・実用化 支援組織	新潟県農業総合研究所（専門技術指導員室）
	愛知県農業総合試験場環境基盤部病害虫防除室企画普及部広域指導室
	三重県中央農業改良普及センター

<別紙様式3>最終年度報告書

I-1. 年次計画

研究課題	研究年度					担当研究機関・研究室		研究担当者
	1	2	3	4	5	機関	研究室	
研究開発責任者						農研機構中央農業研究センター	病害研究領域 虫・鳥獣害研究領域	◎ 津田新哉 (~2019.3) ◎ 後藤千枝 (~2020.3)
研究開発副責任者						植物防疫研究部門 基盤防除技術研究領域 農業環境研究部門	基盤防除技術研究領域 農業環境情報グループ	◎ 松村正哉 (2020.4~) 岩崎巨典
1. トマトの画像データ収集と検証	○	○	○	○	○	農研機構野菜花き研究部門 野菜花き研究部門	野菜病害虫・機能解析研究領域病害ユニット 素材開発グループ	○ 中保一浩 (~2020.3) ○ 上田重文 (2020.4~)
1-1. 全国のトマトで発生する病害虫被害の検証と電子画像データのファイリング	○	○	○	○	○	農研機構野菜花き研究部門 植物防疫研究部門 野菜花き研究部門	野菜病害虫・機能解析研究領域病害ユニット 病害虫防除支援技術グループ 素材開発グループ	中保一浩 (~2020.3) 大西 純 (~2018.3) 飯田祐一郎 (~2020.3) 野見山孝司 (2018.4~2021.3) △ 上田重文 (2019.4~) 寺見文宏
1-2. 岩手県のトマト産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	岩手県農業研究センター	生産環境研究部病理昆虫研究室 (旧 環境部病理昆虫研究室)	△ 藤沢巧 (2021.4~) △ 熊谷拓哉 (2019.4~2021.3) 鈴木良則 (2019.4~2021.3) △ 大友令史 (~2019.3) 佐々木裕二 (~2019.3) 勝部和則 (2021.4~) 加藤真城 中野央子 (2018.4~2021.3) 岩館康哉 武田純子 (2018.4~2021.3) 佐々木陽菜 (2018.4~2020.3) 羽田 厚 (2019.4~)

							西村穂花 (2020.4～) 中村太紀 (2018.4～2019.3) 村上珠利 (2021.4～2021.8) 猫塚修一 (～2020.3) 名久井一樹 (～2020.3) 藤田章宏 (2020.4～2021.3) 佐藤千穂子 佐藤美和子 (～2019.3) 吉田雅紀 (2019.4～) 石川菜津美 (2019.4～2021.3) 田村恵里佳 (2020.4～2021.3) 福田拓斗 (2019.4～2021.3) 松橋伊織 (～2019.3)
1-3. 茨城県のトマト産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	茨城県農業総合センター	園芸研究所病虫研究室 △ 小河原孝司 (2019.4～) 高木素紀 (～2020.3) 宮本拓也 (～2021.3) 窪田直也 △ 鹿島哲郎 (～2019.3) 林可奈子 (～2020.3) 佐藤信輔 (2018.9～) 岡田 亮 ワリデビット (～2020.9.15) 岩崎 明 (2020.4～2021.3) 秋元拓己 (2020.4～) 田中弘毅 (2020.4～2021.3) 西宮智美 (2021.4～) 井上 麻里子 (2021.4～) 角田 隆 (2021.4～) 専門技術指導員室 草野尚雄

1-4. 新潟県のトマト産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	新潟県農業総合研究所	基盤研究部	△ 前田征之 渡辺喜芳 (~2018. 3) 太田沙由理 (2018. 4~2019. 12) 佐藤 徹 (2019. 4~2020. 3) 大峽広智 (2020. 4~) 廣田早紀 (2020. 4~)
							園芸研究センター 環境・施設科	長谷川雅明 (~2019. 3) 山口吉博 (2019. 4~) 黒田智久 (2019. 4~) 棚橋 恵 (~2019. 3) 堀川拓未 (~2020. 3) 宮嶋一郎 横山泰之 (2018. 4~) 土田祥子 (2020. 4~)
1-5. 岐阜県のトマト産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	岐阜県農業技術センター	病理昆虫部	△ 鈴木俊郎 (2019. 4~) △ 渡辺秀樹 杖田浩二 小島一輝 (2018. 11~) △ 妙楽 崇 (~2019. 3)
1-6. 広島県のトマト産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	広島県立総合技術研究所農業技術センター	生産環境研究部	△ 松浦昌平 亀井幹夫 西濱健太郎 (~2020. 3)
1-7. 熊本県のトマト産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	農研機構九州沖縄農業研究センター	生産環境研究領域 野菜病害虫管理グループ	△ 水谷信夫 大貫正俊 (~2018. 3) 北村登史雄 (~2020. 3) 富高保弘 田中彩友美 (2018. 4~) 安達修平 (2018. 4~)

2. イチゴの画像データ収集と検証	○	○	○	○	○	農研機構野菜花き研究部門 九州沖縄農業研究センター	花き生産流通研究領域生産管理ユニット 畑作物・野菜栽培グループ	○ 佐藤 衛 (~2019. 3) ○ 川部眞登 (2019. 4~)
2-1. 全国のイチゴで発生する病害虫被害の検証と電子画像データのファイリング	○	○	○	○	○	農研機構野菜花き研究部門 九州沖縄農業研究センター 農研機構植物防疫研究部門	花き生産流通研究領域生産管理ユニット 畑作物・野菜栽培グループ 越境性・高リスク病害虫対策グループ	△ 佐藤 衛 (~2019. 3) △ 川部眞登 (2019. 4~) 松下陽介
2-2. 宮城県のイチゴ産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	宮城県農業・園芸総合研究所	園芸環境部病害チーム	△ 大河原香織 (2021. 4~) △ 近藤 誠 (~2021. 3) 猪苗代翔太 (~2018. 3) 鈴木香深 (~2019. 3) △ 大場淳司 関根崇行 格井晶吾 (2021. 4~) 木村智志 (~2021. 3) 駒形泰之 (2018. 4~) 菅原克哉 (2021. 4~) 佐藤聖一 (2018. 4~2021. 3) 大江高穂 (2019. 4~)
2-3. 栃木県のイチゴ産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	栃木県農業試験場	研究開発部病理昆虫研究室	福田 充 (~2021. 3) 山崎周一郎 (~2020. 3) 糸川郁男 (~2018. 3) 高橋怜子 (~2018. 3) 小林 誠 (~2018. 3) 春山直人 (2018. 4~) 駒場麻有佳 (2018. 4~2020. 3) 八板 理 (2018. 4~) 若槻睦子 (2020. 4~) 山城 都

							(2020.4～) 田村有紀子 (2020.9～ 2021.8) △ 野沢英之 (2021.4～) 大野茉莉 (2021.9～)
2-4. 静岡県のイチゴ産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	静岡県農林技術研究所	植物保護・環境保全科 △ 土井 誠 △ 片山晴喜 (～2019.3) 伊代住浩幸 斉藤千温 高橋冬実 (2018.4～) 寺田彩華 (2018.4～2021.3) 金原菜見 (2021.4～) 鈴木公威 (～2019.3) 吉崎涼花 (2019.4～)
2-5. 兵庫県のイチゴ産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	兵庫県立農林水産技術総合センター	病害虫部 △ 内橋嘉一 西口真嗣 (～2020.3) 松本純一 (2018.4～) 岩本 豊 松浦克成 (～2019.3) △ 田中雅也 八瀬順也 吉田和宏 (～2020.3) 富原工弥 神頭武嗣 川口藍乃 (2019.4～) 二井清友 (2019.4～) 福井謙一郎 (～2019.3) 田中得久 (2018.4～) 柳澤由加里 (2020.4～) 前川和正 (～2018.3)
2-6. 香川県のイチゴ産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	香川県農業試験場	生産環境部門 △ 佃 晋太郎 (2018.4～) 西村文宏 松崎朝浩 (2018.4～ 2021.3)

												佐野有季子 (2019.4~) 川田千瑛 (2019.4~) △ 中井清裕 (~2020.3) 森 充隆 (~2019.3) 相澤美里 (~2018.3) 伊藤博紀 (~2018.3、 2021.4~)
2-7. 長崎県のイチゴ産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	長崎県農林技術開発センター	環境研究部門病害虫研究室	△	難波信行 (~2021.3) △ 菅 康弘 (2021.4~) 高田裕司 吉村友加里 (2021.7~) 永石久美子 柳井瑞帆 菅 伸子 (~2021.7)			
3. キュウリの画像データ収集と検証	○	○	○	○	○	農研機構中央農業研究センター 植物防疫研究部門	病害研究領域病害防除体系グループ 作物病害虫防除研究領域生物的病害虫防除グループ	○	田中 穰 (~2018.3) ○ 大西 純 (2018.4~ 2021.3) ○ 井上 康宏 (2021.4~)			
3-1. 全国のキュウリで発生する病害虫被害の検証と電子画像データのファイリング	○	○	○	○	○	農研機構中央農業研究センター 植物防疫研究部門	病害研究領域病害防除体系グループ 作物病害虫防除研究領域生物的病害虫防除グループ	△	田中 穰 (~2018.3) △ 大西 純 (2018.4~ 2021.3) 久保田健嗣 (~2021.3) 井上康宏 (~2021.3) △ 井上康宏 (2021.4~)			
3-2. 福島県のキュウリ産地で発生する主要病害虫の被害進行度に応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証	○	○	○	○	○	福島県農業総合センター	作物保護科	△	岸 正広 (2019.4~ 2021.3) △ 梶 和彦 (2018.4~) △ 山田真孝 (2021.4~) 五十嵐秀樹			

							(2018.4～ 2021.3) 菅野英二 (～2018.3) 堀越紀夫 (2021.4～) 山内富士男 (～2021.3) 大竹裕規 (2020.4～) 金丸雄太郎 (～2020.3) 松木伸浩 (2019.4～) 清田裕司 (～2019.3) 三本菅猛 (～2019.3) 鎌田拓郎 (2018.4～ 2021.3) 前原 瞳 (2021.4～) 畑 有季 (～2018.3) 岡田花音 (2021.4～)	
3-3. 埼玉県のキュウリ産地で発生する主要病害虫の被害進行度に応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証	○	○	○	○	○	埼玉県農業技術研究センター	病害虫研究担当 農業革新支援担当	△ 宇賀博之 福勢かおる (2018.4～) 岡山 研 (～2021.3)
3-4. 長野県のキュウリ産地で発生する主要病害虫の被害進行度に応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証	○	○	○	○	○	長野県野菜花き試験場	環境部	△ 古田 岳 藤永真史 (2018.4～2020.3) 金子政夫 (～2021.3) 野口忠久 (～2019.3) 山岸 菜穂 (～2018.3) 藤永真史 (2018.4～) 岩田直樹 (2019.4～2020.3) 北林 聡 (～2020.3) 矢口直輝 (2020.4～) 山岸 希 (2021.4～)
3-5. 愛知県のキュウリ産地で発生する主要病害虫の被害進行度に応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証	○	○	○	○	○	愛知県農業総合試験場	環境基盤研究部病害虫研究室	△ 内田祐太 (2019.4～) 内田祐太

<p>応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証</p>							<p>同部病害虫防除室</p> <p>普及戦略部戦略統括室</p>	<p>(2018. 4～2019. 3) 上田直人 (2019. 4～) 市川耕治 (～2020. 3) 石川博司 (2018. 4～) 大橋博子 (～2018. 3、 2018. 5. 29～ 2019. 3) 大野 徹 (2018. 4～2019. 3) 武山桂子 (2018. 4～2018. 5. 28 、2020. 4～2021. 3) 石井直樹 (2019. 4～) 堀川英則 (～2018. 3, 2021. 4～) △ 永井裕史 (～2018. 3) △ 小出哲哉 (2018. 4～2019. 3) 小出哲哉 (～2018. 3、 2019. 4～2019. 7) 松崎聖史 (2019. 8～) 三宅律幸 (～2018. 3) 中坊昌也 (～2018. 3) 西本浩之 (2018. 4～2020. 3) 関間貞雄 (2020. 4～) 武山桂子 (～2018. 3) 永井裕史 (2018. 4～)</p>
<p>3-6. 高知県のキュウリ産地で発生する主要病害虫の被害進行度に応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証</p>	○	○	○	○	○	<p>高知県農業技術センター</p>	<p>生産環境課</p>	<p>△ 下元祥史 (2021. 4～) △ 矢野和孝 (～2021. 3) △ 森田泰彰 (～2019. 3)</p> <p>下八川裕 (2021. 4～) 中石一英 (～2021. 3) 下元満喜 (2020. 4～) 朝比奈泰史 (～2020. 3) 岡美佐子</p>

								下村文那 (2020.4~) 田村 悠 (~2020.3) 米津聡浩 (2019.4~) 武藤美樹 (2019.4~) 宗石佳奈 (2019.4~) 矢野和孝 (2021.4~)
3-7. 宮崎県のキュウリ産地で発生する主要病害虫の被害進行度に応じた電子画像データの取得および人工知能による病害虫診断の実証	○	○	○	○	○	宮崎県総合農業試験場	生物環境部	△ 臼井真奈美 (~2021.3) 竹原剛史 小窪正人 (2021.4~) 櫛間義幸 中村佐和子 (2020.5~ 2021.2)
4. ナスの画像データ収集と検証	○	○	○	○	○	農研機構中央農業研究センター 植物防疫研究部門	虫・鳥獣害研究領域 生物的防除グループ 生物的病害虫防除グループ	○ 日本典秀 (~2019.3) ○ 下田武志 (2019.4~2020.3) ○ 光永貴之 (2020.4~)
4-1. 全国のナスで発生する病害虫被害の検証と電子画像データのファイリング	○	○	○	○	○	農研機構中央農業研究センター 植物防疫研究部門	虫・鳥獣害研究領域 生物的防除グループ 生物的病害虫防除グループ 作物病害虫防除研究領域 海外飛来性害虫・先端防除技術グループ	△ 日本典秀 (~2019.3) △ 下田武志 (~2020.3) △ 光永貴之 (2020.4~) 長坂幸吉 (2020.4~) 田端 純 (2020.4~)
4-1. (追加) 高知県のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証				○	○	高知県農業技術センタ ---	生産環境課	△ 下元祥史 (2021.4~) △ 矢野和孝 (~2021.3) 下八川裕司 (2021.4~) 中石一英 (~2021.3) 下元満喜 岡美佐子 下村文那 米津聡浩 武藤美樹 宗石佳奈 矢野和孝

							(2021. 4～)
4-2. 群馬県のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	群馬県農業技術センター	病害虫係 発生予察係 △ 池田健太郎 (2020. 4～) △ 酒井 宏 (~2020. 3) 星野啓佑 (2019. 4～) 古澤安紀子 (~2019. 3) 新井美優 (2021. 4～) 菊池優以 (2020. 4～2021. 3) 三木静恵 (~2020. 3) 横山 薫 (2018. 4～) 谷口高大 (~2020. 3) 吉澤仁志 (~2018. 3) 前田宏美 (~2018.3) 吉澤仁志 (2021. 4～) 鈴木桃子 (2020. 4～2021. 3) 砂原弘子 (2018. 4～2020. 3)
4-3. 富山県のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	富山県農林水産総合技術センター	園芸研究所／農業研究所 △ 山口清和 (2019. 4～2020. 3) 西村麻実 (2018. 4～2020. 3) △ 八重樫 元 (2019. 12～2021. 3) 西畑秀次 (2020. 4～) △ 金城雄司 (2020. 4～) 今井 徹 (2021. 4～) 向井 環 (2020. 4～) 千嶋宏平 (2021. 4～) 黒田貴仁 (2019. 4～2021. 3) 青木由美 小池 潤 (2019. 4～2020. 3) 吉島利則 (2018. 4～2019. 3) △ 川部真登 (~2019. 3) 守川俊幸 (~2018. 3)

								杉山洋行 (～2018.3)
4-4. 山梨県のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	山梨県総合農業技術センター	環境部病害虫科	△ 村上芳照 鈴木雄介 (2020.4～)
4-5. 三重県のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	三重県農業研究所 三重県中央農業改良普及センター	農産物安全安心研究課 地域農業推進課	△ 黒田克利 (～2018.3) △ 礪崎真英 (2018.4～2019.3) △ 西野実 田口裕美 (～2018.3) 田中千晴 (2019.4～) 川上拓 中嶋香織 笹山哲央 (2018.4～2020.3) 佐々木彩乃 (2020.4～) 安田幸良
4-6. 京都府のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	京都府農林水産技術センター	農林センター 生物資源研究センター	△ 徳丸晋 (～2020.3) 久下一彦 (～2020.3) △ 岩川秀行 (2020.4～) 岩川秀行 (2018.4～2020.3) 橋本典久 (～2020.3) 浅井信一 (2019.4～) 山村和 (2020.4～) 小宅貴美子 (～2019.3) 中島優介 (2020.4～) 檜垣誠司 (～2018.3) 三村裕 木村重光 (～2018.3) 静川幸明 (2018.4～2020.3) 徳丸晋 (2020.4～) 伊藤寿美子 (～2019.3)

											北澤勝好 (2019.4~) 伊藤弓佳 (~2020.3) 門馬悠介 (2020.4~)
4-7. 鹿児島県のナス産地で発生する主要病害虫の発生実態調査と被害進行に応じた電子画像データの取得と人工知能の実証	○	○	○	○	○	鹿児島県農業開発総合センター	病理昆虫研究室		△	西 八束 松比良邦彦 (~2018.3) 西岡一也 中西善裕 (2021.4~) 児玉真一朗 (2019.4~) 楠畑勇祐 (2021.4~) 池之上祐紀 (2021.4~) 西 菜穂子 (~2019.3) 柿元一樹 (~2020.12) 下津文宏 (2020.4~2021.3) 湯田達也 (~2021.3) 松田 浩 (2018.4~2021.3)	
5. 病害虫情報データベースの構築とオープンデータ化	○	○	○	○	○	農業環境研究部門	農業環境情報グループ		○	岩崎亘典	
5-1. AI学習用画像データベースの構築および公開	○	○	○	○	○	農業環境研究部門	農業環境情報グループ		△	岩崎亘典	
5-2. 病害虫等情報データベースの構築と公開	○	○	○	○	○	農業環境変動研究センター 植物防疫研究部門 農業環境研究部門	環境情報基盤研究領域 昆虫分類評価ユニット 越境性・高リスク病害虫対策グループ 革新的循環機能開発グループ		△	吉松慎一 (~2020.3) △ 中谷至伸 (2020.4~) 吉武 啓 山迫淳介 堀田光生	
5-3. AI学習用画像データベースの検証と高度化	○	○	○	○	○	農業環境研究部門 農研機構農業環境変動研究センター	農業環境情報グループ 環境情報基盤研究領域 総合評価ユニット		△	岩崎亘典 大澤剛士 (~2018.3)	

5-4. 病害虫情報データベースの検証と高度化	○	○	○	○	○	農業環境研究部門 植物防疫研究部門 農業環境研究部門	研究推進部研究推進室 越境性・高リスク病害虫対策グループ 革新的循環機能開発グループ	△ 吉松慎一 (~2020.3) △ 中谷至伸 (2020.4~) 吉武 啓 山迫淳介 (2018.4~) 堀田光生
6. 病害診断のための高精度人工知能の開発	○	○	○	○	○	法政大学	生命科学部	○ 鍵和田聡
6-1. 識別器の構築および早期診断を含む精度向上	○	○	○	○	○	法政大学	理工学部 生命科学部	△ 彌富 仁 鍵和田聡 西尾 健 大島研郎 石川成寿 廣岡裕吏 (2019.4~) 延原 愛 (2019.4~) 小池友香 (2018.8~2019.3)
6-2. フィードバックデータ取得のためのサーバ構築の検討	○	○	○	○	○	法政大学	理工学部 (株)ChillStack 生命科学部	彌富 仁 谷 洋樹 (2020.4~) △ 鍵和田 聡
7. 害虫診断のための高精度人工知能の開発	○	○	○	○	○	(株)ノーザンシステムサービス	研究開発部	○ 和山亮介
7-1. 虫害識別器プロトタイプの開発	○	○	○	○	○	(株)ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10)
7-2. 虫害識別器の開発と精度向上	○	○	○	○	○	(株)ノーザンシステムサービス (研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10) 吉田遼太郎 (2018.11~) 佐々木 優興 (2019.10~) 角館 大 (2019.10~)
7-3. 虫害識別器作目追加	○	○	○	○	○	(株)ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10) 吉田遼太郎 (2018.11~)

7-4. 食害等特徴抽出手法検討		○	○	○	○	(株) ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10) 吉田遼太郎 (2018.11~)
7-5. 位置情報等による精度向上手法検討	○	○				(株) ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10)
7-6. 外識別器4作目対応	○	○				(株) ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10)
7-7. 時系列変化や進行度に応じた精度向上手法検討	○	○				(株) ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10)
7-8. 虫害進行度等の付帯情報による広域脅威度予想モデル構築	○	○				(株) ノーザンシステムサービス	研究開発部	△ 和山亮介 小林知愛 中洞友希 (~2018.10)
8. 植物防疫行政用アプリケーションの開発	○	○	○	○	○	名古屋大学	植物病理学研究分野	○ 竹本大吾
8-1. 病害虫発生情報を収集するアプリケーションの開発	○	○	○	○		名古屋大学	植物病理学研究室	△ 竹本大吾 千葉壮太郎 (~2021.3)
8-2. 病害虫発生情報を管理・閲覧するアプリケーションの開発	○	○	○	○		名古屋大学	植物病理学研究室	△ 竹本大吾 佐藤育男 (~2021.3)
8-3. 病害虫発生情報の入力および出力機能の開発	○	○	○	○	○	名古屋大学	植物病理学研究室 シミュレーション科学 研究室	△ 竹本大吾 北 栄輔
9. 民生用アプリケーションの開発	○	○	○	○	○	日本農薬	経営企画部	○ 岡田 敦
9-1. 農薬情報データベースの構築および更新	○	○	○	○	○	日本農薬	営業本部 経営企画部	△ 矢野博久 米倉浩晋 (~2021.2) 上嶋完 (2019.4~) 岡田 敦

9-2. 認証機能の開発	○	○	○	○	○	NTTデータ	第一公共事業部 戦略ビジネス本部	△ 小林宏之 (~2019.3) 島津志生子 (~2019.3) 太鼓地康正 (~2019.3) 山田健太 (~2019.3) △ 伊勢谷岳志 (2019.4~) 内田真之 (2019.4~) 齋藤圭尚 (2019.4~)
9-3. 携帯端末用アプリケーションの開発	○	○	○	○	○	NTTデータ CCS	スタートアップ推進室 データサイエンスシステム部	△ 竹本 宏 日置和之 (2019.4~) 掛野仁志 (2019.4~) 井上龍一 (2019.4~) 三尾有年 (2019.4~) 下城洋人 伊藤瑠之介 (2019.10~) 井上裕之 (~2019.3) 日比野将 (~2019.3) 大高早苗 (~2019.3) 小島光博 (~2019.3) 谷口鈴子 (~2019.3) 佐久間典子 (~2019.3)
10. WAGRIを通じたデータ収集スキームの構築				○	○	基盤技術研究本部	A I 研究推進室	○ 山中武彦
10-1. 画像識別器と病害虫発生モデルを組み合わせた病害虫判別エンジン等の開発				○	○	基盤技術研究本部 植物防疫研究部門 基盤技術研究本部 法政大学	A I 研究推進室 A I 研究推進室 A I 研究推進室 生命科学部 理工学部	△ 山中武彦 吉田めぐみ 川口章 越智直 松下陽介 孫 建強 ハルシナ ハバ ラガムワ 鍵和田聡 彌富 仁

					(株) ノーザンシステムサービス 名古屋大学	研究開発部 植物病理学研究分野 シミュレーション科学研究室	和山亮介 竹本大吾 北 栄輔
10-2. 各種データ収集・活用アプリに利用できる情報送受信モジュールの開発			○	○	○	基盤技術研究本部 日本農薬(株) (株) NTTデータ CCS	AI研究推進室 データ研究推進室 科学環境システム事業部 経営企画部 △ 山中武彦 桂樹哲雄 岡田 敦 竹本 宏
10-3. 統合データベースの整備およびWAGRIに接続するためのAPI等の開発			○	○	○	企画戦略本部 基盤技術研究本部	データ研究推進室 AI研究推進室 データ研究推進室 △ 川村隆浩 山中武彦 桂樹哲雄 鐘ヶ江弘美 (~2020.3) 稲富素子

(注1) 研究開発責任者には◎、小課題責任者には○、実行課題責任者には△を付してください。

I-2. 研究目的

国内で生産される農作物に発生する病害虫は、豊かな自然環境と比例して多様である。特に、近年の環境変動や梅雨時期の長雨、さらに種苗生産の海外移転等により、病害虫による被害状況も一層多様化している。高齢化する生産者や経験の浅い新規就農者の安定営農を支えるためにも、高度な専門性を必要とする病害虫の診断・防除の充実した支援態勢は欠かせない。

このため、本研究では、

1. トマトの画像データ収集と検証
2. イチゴの画像データ収集と検証
3. キュウリの画像データ収集と検証
4. ナスの画像データ収集と検証
5. 病害虫情報データベースの構築とオープンデータ化
6. 病害診断のための高精度人工知能の開発
7. 害虫診断のための高精度人工知能の開発
8. 植物防疫行政用アプリケーションの開発
9. 民生用アプリケーションの開発

により、生産現場から要請される病害虫診断依頼の件数が多い指定野菜等を対象に、それらで発生する主要病害虫を生産者等が所有するウェアラブル端末を使って撮影し、それを通信機能と連携した人工知能（AI）が解析して精度の高い診断結果を回答する生産現場で実現可能な病害虫の画像診断システムの開発を目標とする。

さらに、AIの診断対象を拡大する等の高度化を持続的に推し進めるためには、農業データ連携基盤（WAGRI）等のプラットフォームを利用し、民間事業者をはじめとするベンダーやユーザも含めてデータを収集・蓄積する必要がある。そこで、

10. WAGRIを通じたデータ収集スキームの構築

を実施する。ここでは、病害虫判別エンジンを各事業者が共通に使えるAPIと合わせてWAGRIに実装し、関連サービスの開発を促進するモデルケースを創出することで、多様な農業データを集積する事例の提示を目標とする。また将来の拡張に備えて、重要品目などで手がけられる作目については、先行して画像収集などに努める。その結果、

1. ウェアラブル端末用アプリケーションとして対象4作目の病害虫の画像診断システムを無料で公開し、生産圃場で発生する病害虫を早期発見に貢献する。
2. 構築した病害虫データベースや病害虫識別AIアルゴリズムを公知化することにより、農業分野にサードパーティの新規参入を誘導し、国内で新たなビジネスを展開する契機を付与する。
3. 本事業で開発する診断システムを活用することで、本事業で取り上げていない他作物における病害虫診断システムの開発を加速する。

等が期待される。

I-3. 研究方法

(1) トマトの画像データ収集と検証

トマトの重要病害虫や生理障害による被害の初期から後期に至るまでの間で変化する被害様相を日照や温度等を制御した人工恒温機室等を用いて生物学的に検証する。また、病害虫の発生は地域的・季節的・気象的要因等により、その規模や被害等も異なることから、各県のトマト産地において5年程度前から現在まで恒常的に発生する重要病害虫を調査しており、その結果を踏まえて10種類程度を選定する。平成29年度（1年目）～令和元年度（3年目）には、選抜した病害虫のトマトに与える被害（病徴、食害痕等）を時系列的に記録するため、各県研究機関内等において病害虫を人為的に接種・放虫し、発病・加害させる。トマトの被害を人工知能に教育するための電子画像として接種・放虫初期から後期までの種々の異なる条件で経時的に記録する。また害虫は卵から成虫までの各ステージの外部形態も記録する。これら、全国で取得した重要病害虫によるトマトの経時的被害状況の変遷（病徴や食害痕等）や、害虫の一世代を反映した電子画像データをデータベース化に最適となるようにファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

令和2年度（4年目）～3年度（5年目）には、各県のトマト産地で人工知能による病害虫診断を実用可能にするため、構築された病害虫を診断できる人工知能の精度を評価するための実証試験を、県内生産者等をモニターとして実施し、開発した人工知能が出した診断結果の正答率を調査する。その調査結果を、開発する共同研究機関にフィードバックすることで、人工知能の更なる精度の向上に寄与する。電子画像については、引き続き、人工知能の学習を高度化できるよう、多数の画像を撮影・ファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

(2) イチゴの画像データ収集と検証

イチゴの重要病害虫や生理障害による被害の初期から後期に至るまでの間で変化する現象を日照や温度等を制御した人工恒温機室等を用いて生物学的に検証する。また、病害虫の発生は地域的・季節的・気象的要因等により流行の程度等も異なることから、平成29年度（1年目）に、各県のイチゴ産地において5年程度前から現在まで恒常的に発生する重要病害虫を調査し10種類程度を選定する。

平成29年度（1年目）～令和元年度（3年目）には、選抜した病害虫のイチゴに与える被害（病徴、食害痕等）を時系列的に記録するため各県研究機関内等において病害虫を人為的に接種・放虫する。人工知能に教育するための電子画像としてイチゴの被害を接種・放虫初期から後期までの期間に種々の異なる条件で経時的に記録する。また害虫は幼虫から成虫までの各世代の外部形態も記録する。これら、全国で取得した重要病害虫によるイチゴの経時的被害状況変遷（病徴や食害痕等）や、害虫の一世代を反映した電子画像データをデータベース化に最適となるようにファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

(3) キュウリの画像データ収集と検証

全国的に栽培され主要な野菜品目であるキュウリの病害虫について人工知能による病害虫診断システムの開発に必要な重要病害虫の電子画像データの収集及び生産現場における人工知能病害虫診断システムの実証を行なう。生産環境や作型の異なる北日本、関東、甲信越、東海、中四国、九州の6地域におけるキュウリ主産地ごとに、5年程度前から現在まで恒常的に発生する重要病害虫を調査し10種類程度を選定する。平成29年度（1年目）～令和元年度（3年目）

には、それぞれの産地で分離・同定した病害虫の単一種を用いて、試験場内等の管理された圃場や施設内で人為的に接種し、各地域の生産環境下に即して変遷する被害様相（病徴、食害痕、害虫の外部形態等）を、人工知能の教育に用いる電子画像データとして収集、ファイリングする。

令和2年度（4年目）～令和3年度（5年目）には、各地域のキュウリ産地で、構築された病害虫AI診断システムの精度を評価するための実証試験を実施し、正答率、生理障害の影響等に関する情報を人工知能開発に取り組む共同研究機関にフィードバックし、必要に応じて電子画像データを追加収集するなどして、更なる精度の向上に寄与する。

（4）ナスの画像データ収集と検証

ナスの重要病害虫による被害の初期から後期に至るまでの間で変化する現象や生理障害を日照や温度等を制御した人工恒温機室等を用いて生物学的に検証する。また、病害虫の発生は地域的・季節的・気象的要因等により流行の程度等も異なることから、各県のナス産地において5年程度前から現在まで恒常的に発生する重要病害虫を調査し10種類程度を選定する。

平成29年度（1年目）～令和元年度（3年目）には、選抜した病害虫のナスに与える被害（病徴、食害痕等）を時系列的に記録するため各県研究機関内等において病害虫を人為的に接種・放虫する。人工知能に教育するための電子画像としてナスの被害を接種・放虫初期から後期までの期間に種々の異なる条件で経時的に記録する。

また害虫は卵から成虫までの各ステージの外部形態も記録する。加えて、害虫防除に利用される天敵昆虫類と害虫種の識別も重要なことから、天敵昆虫類やその寄主についても記録する。これら、全国で取得した重要病害虫によるナスの経時的被害状況の変遷（病徴や食害痕等）や、害虫の世代を反映した電子画像データをデータベース化に最適となるようにファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

令和2年度（4年目）～3年度（5年目）には、各県のナス産地で、構築された病害虫AI診断システムの精度を評価するための実証試験を実施し、正答率、生理障害の影響等に関する情報を人工知能開発に取り組む共同研究機関にフィードバックし、必要に応じて電子画像データを追加収集するなどして、更なる精度の向上に寄与する。

（5）害虫情報データベースの構築とオープンデータ化

共同研究機関が収集した病虫害による作物の被害状況等の画像約10万枚を用いて、AI学習用画像データベース（DB）を構築する。さらに、農研機構農業環境変動センターが所有する昆虫・微生物等の標本を用いて、生物種約7,000の画像等を含む病虫害情報DBを構築する。構築したデータベースは、運用中のデータカタログサーバを用いてオープンデータとして速やかに公開するとともに、AI学習用画像DBを登録、管理するシステムを構築するとともに、AI学習に活用できるように、オープンデータとして公開する。

（6）病害診断のための高精度人工知能の開発

キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴの4作目の主要な病害を、スマートフォンなどで撮影された画像を用いて診断するためのコアとなる病害識別器を開発する。そのため、小課題1～4により得られた病害画像をもとに最新の識別モデルを用いて学習させ、キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴの4作物の葉、果実、その他の部位の病害の識別器を構築する。識別精度の評価については、学習画像と異なる圃場で撮影した実際に近い状況の評価値となるように行う。

構築した識別器のデモサーバはコンソーシアム内に公開し、実証試験に活用できるようにする。小課題1～4にて識別器の検討を行い、そのフィードバック情報を踏まえて、さらに頑健性および精度の向上をはかる。

(7) 害虫診断のための高精度人工知能の開発

キュウリ、トマト、イチゴおよびナスの4作目の主要な虫害を、スマートフォンなどで写真を用いて診断ができる技術を開発することを目的とする。達成目標としては、主要虫害に対して平均8割程度を実現する。手法は次の通り行う。中課題1～5により得られた対象作物の画像を、AIを用いて虫害を判定する。識別器には、深層畳み込みニューラルネットワークを活用する。構築されたシステムについて、中課題1～5で行われる各県での実証試験からフィードバックを得る。また、ホコリダニなどの非常に微細な害虫の場合は画像による同定が難しいことが予想される。このため、害虫自体を検出するのではなく、食害痕等、植物体全体の特徴を使用する必要がある。

(8) 植物防疫行政用アプリケーションの開発

全国の病虫害発生状況を随時記録し、その情報を共有するシステムを構築する。病虫害発生情報を記録するアプリケーション、および病虫害発生データを集計・管理し、地図上で閲覧出来るアプリケーションの開発を行い、迅速な病虫害発生予察と合理的な防除対策の立案に利用可能な情報収集の基盤を整備する。情報収集アプリケーションを用いて蓄積したデータを汎用性の高いフォーマットで出力する機能を搭載することで、病虫害調査担当者による必要情報の抽出や、研究者による発生予察プログラムの開発を可能にする。

(9) 民生用アプリケーションの開発

スマートフォンの画面上でAI診断機能および診断結果に対して有効な農薬情報提供を行うアプリケーションを構築する。農環研のAI画像サーバの持つ病虫害画像データ情報と接続し、使用者により直接病虫害を比較し同定できるようにし、害虫が同定された後の利用者へのアクション提案につなげられるようにする。そのため、(1)農薬情報データベースの構築および更新、(2)認証機能の開発、(3)携帯端末用の開発の課題に分割し、各実行課題間で連携をとりながら1つの民生用アプリケーション向けシステムとして構築する方法とした。期間前半ではAndroid, iOSそれぞれで動作可能なアプリケーションを開発し、その後Web上でも動作可能なクロスプラットフォーム版へ発展させることとした。その際、利用者へのアンケート調査を行い改善要望を仕様へ反映させることにより、より実用性の高いアプリケーションを目指すこととした。

(10) 病虫害データを例とした農業データアグリゲーションスキームの構築

病虫害の画像診断のような人工知能活用のためのシステム構築が急務であるが、このようなAIの高度化のためには大量のデータが必要とされ、限られた病虫害の専門家だけでは対応が難しい。そこで、WAGRIを核として、事業終了後も継続的に病虫害データが集積する仕組みを創出し、病虫害診断AIの対象拡大等のさらなる高機能化を図る。これをモデルケースとして提示することで、WAGRIを通じた多様な農業データの利活用を促進する。まず、既存の4作物にくわえ、10作物の病虫害判別器開発に必要な学習用画像を収集する。これに加えて判別器の開発や公開に必要な、サーバ環境、データベース基盤を整備する。収集した画像を用い、追加10作物の判

別器開発をすすめる。さらに、農林水産省有害動植物発生予察事業で集積された病虫害データを基に、病虫害発生予測モデルを構築し、元施策4作目画像判別器に統合する。また、既存4作物のWAGRI-APIと、APIをWAGRIから接続するデモアプリの試験公開を開始する。さらに追加10作物の判別器を順次公開し、民間業者のサービスインを促して一連のデータアグリゲーションを試行する。これにより、農業データアグリゲーションの社会実装を実現する。

I-4. 研究結果

(1) トマトの画像データ収集と検証

学習用画像は、各機関が撮影した電子画像データについて、平成30年度より被害程度等の基準を決定し共通化を図った。また、病害・虫害ともに不足画像の収集に努めた。その結果、5年間で合計226,859枚（病害110,624枚、虫害53,187枚、上記区分外34,913枚、健全及び生理障害28,135枚）をファイリングし、データベースを構築する小課題5の参画機関に受け渡した。

また、学習用画像データを基に開発された病虫害診断アプリを用いて実証試験を行った。令和2年度には9,747件の実証試験を行った。令和3年度には21,651件の実証試験を行い、トマト葉表の検証結果では、病害についてはVesion6 (V6)で、すすかび病を除いた8病害で80%を超える適合率を示した。虫害についてはV4で、アザミウマ類、コナジラミ類、オンシツコナジラミ、ハモグリバエ類について高い適合率を示した。葉裏の検証結果では、病害についてはV6でうどんこ病、灰色かび病、黄化葉巻病が、虫害についてはV4でアブラムシ類、コナジラミ類、タバココナジラミ、ハモグリバエ類、ハスモンヨトウが高い適合率を示した。

(2) イチゴの画像データ収集と検証

プロジェクト開始年度に、17種の対象病虫害の選定と被害程度の共通認識化を行い、画像収集データの回収を始めた。その後、実際の圃場での発病頻度も考慮に入れ、診断システム構築の効率化を行うため、電子画像データを取得するための優先順位を策定した。その優先順位をもとに、各県から送付された電子画像データのうち不完全なデータを除いたものをデータベース化に最適となるようにファイリングし、データベース構築する共同研究機関に渡した。現在、合計で149198枚の電子画像データを送付した。また、22000枚以上の画像を用い、構築された各バージョンの診断システムの実証試験を行った結果、葉表、葉裏および果実で100~50%の再現率と100~33%の適合率を示した。

(3) キュウリの画像データ収集と検証

AI診断の対象となる病害として、うどんこ病、灰色かび病、炭疽病、べと病、褐斑病、つる枯病、斑点細菌病、モザイク病 (CMV, PRSV, WMV, ZYMV)、退緑黄化病 (CCYV)、黄化えそ病 (MYSV)、虫害として、アザミウマ類、コナジラミ類、ハダニ類、チャノホコリダニ、アブラムシ類、ハスモンヨトウを選抜し、これらの画像収集を行った。その結果、病害として86,353枚、虫害として46,803枚、対照となる健全植物を51,976枚、その他の重要な害虫や複数の病虫害の混発など3,668枚の計188,800枚の画像を教師用として提供した。

共同研究機関の開発した人工知能による病虫害識別器の精度を調べるため、令和2年度は病害識別器のバージョン1~4に対して葉表の病害を延べ約14,500枚、葉裏の病害を約76枚、健全植物の葉表を約1,800枚、虫害識別器のバージョン1~3に対して葉表の虫害を延べ約5,600枚、葉裏の虫害を延べ約3,100枚、健全植物の葉表を延べ約1,600枚と葉裏延べ約360枚を検証した。さらに令和3年度は最新の識別器のバージョンに対して、病害では葉表5,612枚、葉裏83枚、

健全葉表299枚、虫害では葉表1,824枚、健全葉表895枚、葉裏4,413枚、健全葉裏488枚を用いて精度検証を行うと共に、前年度の識別器バージョンに対しても精度検証を行った。識別の精度は最新のバージョンにおいて、病害では再現率36～93%、適合率41～100%、虫害では再現率24～89%、適合率43～100%であった。2年間の精度検証は、病害識別器において延べ34,111枚、虫害識別器において延べ19,489枚であり、バージョン毎の検証精度を明瞭に示すことができた。以上により、本課題では教師用画像の取得及びAIの精度検証ともに達成目標以上に実施することができた。

(4) ナスの画像データ収集と検証

研究対象となる病害虫は、病害が8種、虫害が16種選抜された。これらについて加害部位別に画像収集を行った。その結果、病害では総計73,280枚(内有効画像44,536枚)、虫害では総計49,043枚(内有効画像43,813枚)、合計122,323枚(内有効画像88,349枚)が取得され、共同研究機関に提供された。加えて、対照となる健全画像について総計42,334枚(内有効画像24,973枚)を提供した。

開発された人工知能による病害虫識別器の精度を検証するために、令和2年度から病害識別器(開発ver.1～3、ただし葉裏はver.1)及び虫害識別器(開発ver.1～4)に対して正解のわかっている被害葉の画像を判別させ、その再現率および適合率を調べた。識別精度は識別器のバージョン及び病害虫種によって違いはあるが、最新のバージョンでは葉表で概ね50～99%、あるいは45～99%となった。これらの結果について共同研究機関に受け渡すことにより、フィードバックに寄与した。以上のことから、本課題ではその研究目的を達成することができた。

(5) 害虫情報データベースの構築とオープンデータ化

2017年度には、作物、病害虫名、撮影対象部位など、AI学習用画像に付与するメタデータを決定した。被害画像に誤りなくメタデータを付与するために、登録項目を含むQRコードを作成するアプリケーションを開発し、これらの情報を画像に付与するプログラムをScript言語であるPythonを用いて開発した。これらの画像を管理する病害虫被害画像管理システムのプロトタイプを構築した。また、病害虫情報データベースに収集する情報を決定し、種情報の収集を開始した。2018年度には病害虫被害画像管理システムへ画像の登録を進めるとともに、システムやソフトウェアの改修を行った。2019年度には、メタデータに付与された作物、撮影対象部位、病害虫名に基づいてファイルを分配した画像について小課題6・7へと提供するとともに、フォルダ構成に基づいて静的Webページを作成し、オープンデータとして公開した

また、Web APIを変換する中間サーバを構築し、小課題9において開発した民生用アプリケーションから、小課題6が開発した病害診断AIと小課題7が開発した虫害診断AIを接続可能とした。2020年度には、当該年度より始まった現地実証に対応し、診断に用いる画像と対象病害虫のメタデータが入ったCSVファイルを登録することで、一括して精度検証を行うWebサイトを開発した。本サイトはPRISMの予算を用いて構築しており、これにより精度検証の効率化が可能となった。2021年度には上記の中間サーバの機能を活用し、現地ほ場等で得られた精度検証用画像をリサンプリングし、複数回の精度検証を実施することで、各モデルの識別精度の95%信頼区間を算出した。

以上により、AI学習用画像としてトマト、イチゴ、キュウリ、ナスについて、それぞれ約19.1万、15.6万、17.6万、17.6万、合計約70万枚の学習用画像を提供した。また、病害虫情報データベースには、昆虫種約6,000種、微生物約1,000種、合計7,000種の種情報、画像、DNAバーコー

ド情報等を収集した。

(6) 病害診断のための高精度人工知能の開発

小課題1～4により得られた病害画像をもとに最新の識別モデルを用いて学習させ、キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴの4作物の葉、果実、その他の部位の病害の識別器を構築した。構築に際しては、各年度、最新の識別モデルを応用した上で、頑健性および精度を向上させるため、過学習を抑える様々なシステム検討・開発して応用した。これらの識別機は最終的に、学習画像と異なる圃場で撮影した実際に近い状況の評価において、主要病害に対して平均8割の識別精度を実現した。さらに、作製した識別機についてデモサーバを構築してコンソーシアム内に公開し、実証試験に活用できるようにした。そこで得られた精度評価のフィードバック情報も加味して、さらに精度向上につなげた。

また、病害識別器の構築を通じ、AIを用いた画像診断技術の開発に当たり、以下の点に留意する必要があることを明らかとした。

1. 学習用画像と評価用画像の完全な分離の必要性
2. 識別対象領域の抽出による深層学習器の精度向上
3. 深層学習による超解像および画像生成を用いた学習データ拡張手法の活用
4. 物体検出型識別器の導入による頑健性の向上

(7) 害虫診断のための高精度人工知能の開発

平成29年度はInception-ResNet v2をベースモデルとし、病虫害画像データベースが作成途中のためインターネットから収集した画像で学習し平均識別率92%を達成した。また、上記識別機が画像中のどこに注目しているのか可視化した注目マップを出力し、どのような特徴を持った画像がどのような結果になるのかを分析し、害虫診断における知見を得た。

平成30年度はデータセットの作成方法を検討し、1種別当たり1,000枚以上の画像がない場合は精度がかなり低下することを確認した。また、微細害虫に関して注釈を用いたクリッピングによる物体認識手法であるMaskRCNNを用いてリサイズによる特徴損失を防ぐため画像を分割し、原寸大の画像で学習したところ、微細害虫及び生活痕の抽出における平均分類精度92.1%(IoU \geq 0.5、確信度 \geq 0.9)を達成し、微細害虫に関しては注釈を用いることで微細害虫および生活痕を十分に識別できることを確認した。

平成31年度は平成30年度で微細害虫に関して有効であることは判明した物体識別手法を検証したが、画像全体に及ぶ食害痕の精度が悪く、背景に関して食害痕であると誤認識が多いことを確認した。この結果から画像を分割した場合に広域の特徴をとらえきれなかったためと推測された。以上の検証から広域と詳細を両方一つの識別機で学習することは難しいことが予想され、広域識別機と詳細識別機に分けて2段階で識別する手法を検討した。前景除去モデル(UPSNet)と虫害分類モデル(EfficientNet)のモデルを組み合わせることで、虫害分類モデルを被害部位に注目させたところ平均精度89.4%を達成し、2段階識別が有効であることを確認した。

令和2年度は前景抽出機の精度向上手法により葉や果実の精細な形状切り出しと葉及び果実が複数映り込んでいる場合に、単体毎に抽出できる技術を確認した。また、注釈を半自動生成する手法を確認し、注釈作業の大幅な簡略化を達成した。これらの前景抽出器の精度向上により背景が存在しない学習データを使用して学習/推論時に都道府県の重複がないデータセットを用いてより実地に近い条件下においてキュウリ、イチゴ、ナス、トマトにおける14種に関し

て平均分類精度86.7%の識別率を持つ識別機を開発した。

令和3年度は前景抽出モデルについては、データの追加や補正を行った結果、従来のモデルでは背景と誤検知されていた虫体や生活痕が、葉や果実などの一部として正しく検出されるようになったことを確認した。虫害識別モデルについては、従来型モデルと比べて改良型モデルのほうが初期病徴や微小害虫の検出性能が高いという結果が得られた。このモデルに性能向上策を適用して、4作物3部位、合計47種の害虫で学習した結果、評価データでの平均識別精度83.1%の識別率を持つ識別機を開発した。

(8) 植物防疫行政用アプリケーションの開発

病虫害発生情報を収集するアプリケーションの開発を行い、ログイン機能（ユーザー認証、情報へのアクセス制限など）、調査設定機能（位置情報取得、地図表示-写真-Map切替）、調査結果入力機能（野帳書式対応）、病虫害の写真撮影機能、調査結果閲覧機能（調査結果数値、写真）、病虫害参考画像閲覧機能、ユーザーヘルプ機能などを搭載したアプリケーションを完成した。また、病虫害発生情報を管理・閲覧するためのWebアプリケーションの開発を行い、ログイン機能（ユーザー認証、情報へのアクセス制限など）、設定機能（調査地点、対象植物および病虫害、調査員、調査野帳フォーマット）、モニタリング機能（病虫害発生データ地図表示、病虫害発生データ詳細表示、気象データ連携）、病害画像閲覧機能、調査結果データ閲覧機能（調査結果グラフ表示、CSVファイルデータエクスポート、過去の発生履歴の表示、調査結果との比較）などを搭載したアプリケーションを完成した。病虫害発生情報の入力および出力機能の開発では、過去の病虫害調査のデータをアプリケーションに取り込む機能、過去データを気象情報と連携させ、機械学習に活用できるフォーマットで出力する機能を開発した。

本研究で開発した病虫害発生情報を収集するモバイル端末のアプリケーション、および病虫害発生情報を管理・閲覧するためのWebアプリケーションは、農林水産省植物防疫課へと譲渡することで公開を行った。

(9) 民生用アプリケーションの開発

研究期間前半では、Android, iOSそれぞれで動作可能なスマートフォン向けアプリケーションを開発し、実際に現場で利用してもらうことによりフィードバックを受けた。また、バウンディングボックスの追加など、研究期間中に発生した識別器の改良についても、アプリケーションで機能を提供できるよう他小課題と連携し機能改修を実施した。

スマートフォンアプリケーションとしてのみではなく、Webやタブレットでの利用要望があったことを受け、令和2年度にはクロスプラットフォーム版の開発を実施した。その際、GoogleFormを利用した現場アンケートを実施し、意見要望を仕様へ反映させた。また、得られた意見要望や現場での活用にあたっての課題等は、それぞれのも今後の病虫害診断アプリケーション改善にとって有用なものであり、研究成果である。

最終年度である令和3年度は、利用者要望を受けた機能改修の他、社会実装に向けた具体的検討を進め、エンドユーザが本研究の成果を用いて作成したAI病虫害識別機能を利用可能な状態とした。

(10) 病虫害データを例とした農業データアグリゲーションスキームの構築

PRISM追加10作物目（ジャガイモ・タマネギ・ピーマン・エダマメ・カボチャ・ブドウ・モモ・キク・ランタンキュラス・トルコギキョウ）の約70病虫害対象について、学習用画像収集を行う

のと同時に、自然発生する病虫害を記録した検証用画像収集を行った。検証用画像については、元施策作目を含めて収集を行った。一部、COVID-19蔓延による出張規制の影響で十分な枚数が撮影できなかった作目（トルコギキョウ・ラナンキュラス）があったが、概ね予定通り画像収集できた。その結果、農研機構が単独で使える追加10作目の学習用画像13万枚以上を取得した。また、6千枚以上の検証用画像を収集した。上記学習用画像を元にトルコギキョウ・ラナンキュラスを除く8作目について、深層学習アーキテクチャCNN-VGG16を使って画像判別器を構築したところ、10分割交差検証法による検証精度が概ね9割を超える判別器開発に成功した。さらに、元施策4作目（トマト・キュウリ・イチゴ・ナス）を対象に、都道府県発生予察事業の現況報告データを基に病虫害発生予測モデルを構築し、画像AI判別器と組み合わせて統合判定結果を返す統合モデルを開発した。2021年3月にプレスリリース「AI病虫害画像診断システムをWAGRIで提供開始」を行い、元施策4作目判別器を中心にWAGRIから民間事業者向けに無償公開を開始した。2022年度中に追加10作目の判別器と統合した「農研機構AI病虫害画像診断WAGRI-API」として商用利用可能なAPIとして整備を進め、民間事業者に積極的なサービスイン要請を行う。これまで5つの民間事業者がAPIの利用を開始しており、2社が利用の検討を行っている。なお、本プレスリリースは、2021年度農林水産研究10大ニュースにも選定された。

2021年3月にプレスリリースにあわせて、WAGRI-APIと接続してiPhoneもしくはAndroid端末で利用可能なデモアプリを公開している。デモアプリについては、6つの民間事業者と8つの地域農協が試験利用してシステムの評価を行っている。デモアプリを通じて民間事業者や地域農協と連携するICTベンダーにWAGRI-APIの利用を促している。

データアグリゲーションを実現するためには、病虫害画像を含む種々なデータを持続的に収集するためのストレージが必要であるため、農研機構内にペタバイト級の容量を確保できる農研機構統合DBを構築した。農研機構統合DBに格納された種々のデータからいくつかの重要データを選択し、データ間の関係性に基いたグラフ解析を実行できるデータベース群、効率的な機械学習を可能にするAIスーパーコンピューター（紫峰）、AIクラスターを整備した。さらにWAGRI-APIとして公開するための公開用サーバ、認証システム、ファイアーウォールなどを構築した。

さらに、AI病虫害画像診断データアグリゲーション管理システム（NARO-ADAMS）を構築し、一般から広くクラウドワーカーを募集して教育し、教師のついていない画像に対してアノテーション作業を行うためのクラウドソーシング実行環境を整えた。研究担当者が作成したインストラクションPDFを基に、一般のクラウドワーカーが病虫害画像のアノテーション作業を行い、一定数の作業後、研究担当者がチェックを行う。これにより大量のアノテーション作業が効率化される。さらに、デモアプリから送られてくる正解付病虫害画像による検証作業と組み合わせることで、データアグリゲーションスキームの実証が可能となった。

I-5. 今後の課題

本委託事業の実施の成果として、主に以下の成果が得られた

1. トマト、イチゴ、キュウリ、ナスの4作物の主要病虫害48種を対象とした、病虫害被害画像データベース。
2. 上記四作物の約90の部位（トマト:27、イチゴ:21、キュウリ:25、ナス:15）および病虫害に対応した病虫害画像識別器
3. 上記の画像データベースおよび病虫害識別器を活用した、民生向けの病虫害診断アプリおよび植物防疫向けアプリケーション

4. 農業データ連携基盤（WAGRI）を通じた病害虫識別 API の提供と、データアグリゲーションスキームの構築

これらの成果の社会実装については、病害虫被害画像データベースはオープンデータとして公開され、独自の識別器の構築や、病害虫診断の資料等に活用されている（<https://agripick.com/2492>、<http://www.agrishot.com/>など）。病害虫識別器については、得られた知見が民生向けの病害虫診断アプリの開発に活用されるとともに、PRISM課題により実装されたWAGRIの病害虫診断APIとして活用され、アプリケーションに実装されている。民生用病害虫診断アプリの機能は、日本農薬から公開されている「レイミーのAI病害虫雑草診断」に事業期間内の2022年3月中には実装される。植物防疫向けアプリケーションについては、研究成果をオープンソース化し、農林水産省消費・安全局植物防疫課へ提供し、同課で実施中の事業に活用されることとなった。WAGRIを利用した病害虫診断APIの提供は、2021年3月より開始され、民間事業者6社により利用され、データの集積も進んでいる。また、Web APIを活用することにより、病害虫診断アプリのみでなく、営農管理アプリ等、別の目的のアプリケーションの機能の一部としても活用されることが期待される。

以上の通り、本事業は所期の目標を達成し、社会実装も着実に進んでいるが、今後、病害虫防除に人工知能による画像診断を活用するには、以下のような課題に取り組む必要がある。

1. 高精度、高品質の画像収集体制の確立

本事業では、専門家による接種試験や同定を行うことで、主要果菜類4作目の重要病害虫について、病害虫の被害画像を収集することができた。また、小課題10において構築したデータアグリゲーションスキームにおいて、一般のユーザを含めて、大量の画像を収集することが可能となった。一方で、こうした一般ユーザから収集した画像を活用するためには、精度の保証された高い品質のデータが必要となる。今後、本委託事業の参画機関をはじめとする公設試験場等と協働することで、こうした高品質のデータを拡充する手法の開発や、体制の確立が必要となる。

2. 効率的な識別器開発手法の開発

現在の識別器の開発には、作物・部位・病害虫毎に、最低1,000枚、さらに高い識別性を得るためには数千枚の画像が必要となる。これでは、新規病害虫や侵入害虫等、早急な対応が必要とされる場合に、十分な学習精度を得ることが困難である。そのため、本事業で収集した画像データや深層学習を活用した教師用画像拡張手法、さらには識別に用いる深層学習モデルを改良することにより、1,000枚以下の画像であっても、高精度の識別機を開発する手法の開発が必要である。

3. 植物防疫現場で活用可能な技術体系の確立

本事業では、民間向けの病害虫診断アプリの提供と、植物防疫行政に関わる情報収集を行うためのアプリケーションの開発を行った。これらの基となる人工知能学習用の病害虫被害画像データと人工知能を構築するためのアルゴリズムは、それぞれオープンデータ、オープンソースとして公開され、活用が可能である。一方、これらの成果を用いて公設試験場等が独自に病害虫診断サービスを行うには、技術的にも、計算リソース的にもハードルが高いのが現状である。また、AIによる画像診断は、それぞれのアルゴリズムでの識別結果を提示するものの、営農現場で正確に診断するための撮影技術や、結果を適切に活用するための防除体系については、検討が不十分である。また、

診断結果の活用方法についても、熟練者と経験の少ない者では異なるだろう。農業者や普及員を対象としたアンケート調査でも、そうした意見が多く聞かれた。病虫害診断AIを普及させるためには、これらの課題を解決し、植物防疫現場で活用可能な技術体系の確立が不可欠である。

2021年には、「みどりの食料システム戦略」が決定され、高い生産性と両立する持続的生産体系への転換が目標とされているが、人工知能を活用した病虫害診断技術は、適切な防除、農薬使用料の削減を通して、上記の目標に貢献することができるだろう。また、同じく2021年に決定されたデジタル都市国家構想では、地域がそれぞれの特徴を生かした形での成長戦略が求められている。上記の課題に取り組むことにより、これらの目標へ貢献することが今後、必要とされる。

小課題番号	1	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	1 トマトの画像データ収集と検証		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構野菜花き研究部門 野菜花き育種基盤研究領域・ 素材開発グループ・上田重文		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

トマトで発生する主要病害虫を生産者等が所有するウェアラブル端末を使って撮影し、それを通信機能と連携した人工知能（AI）が解析して精度の高い診断結果を回答する生産現場で実現可能な病害虫の画像診断システムを開発するため、主要野菜で発生する重要病害虫による時系列被害の電子画像取得とデータベース構築に取り組み、病害虫の画像診断システムを公開し、生産圃場で発生する病害虫の早期発見に貢献する。

2) 研究方法

電子画像の収集については、人工知能の学習を高度化できるよう、病害虫の被害画像及び健全、生理障害画像等を多数撮影・ファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。平成29年度より病害11種、虫害8種、9部位を選定し画像収集を開始した。2、3年度目には、被害画像の収集を行った。また、令和2年度（4年度目）以降では病害12種、虫害12種に対象を広げるとともに、不足画像の収集を中心に行った。特に、トマト黄化病については、新たに愛知県も参画し被害画像並びに生理障害画像の収集を行った。

また、トマト生産現場で人工知能による病害虫診断を実用可能にするため、4、5年度目において、構築中の病害虫診断アプリを評価するための実証試験を、各参画機関と連携し行い、診断結果の正答率を調査した。

3) 研究結果

学習用画像は、各機関が撮影した電子画像データについて、平成30年度より被害程度等の基準を決定し共通化を図った。また、病害・虫害ともに不足画像の収集に努めた。その結果、5年間で合計226,859枚（病害110,624枚、虫害53,187枚、上記区分外34,913枚、健全及び生理障害28,135枚）をファイリングし、データベースを構築する小課題5の参画機関に受け渡した

また、学習用画像データを基に開発された病害虫診断アプリを用いて実証試験を行った。令和2年度には9,747件の実証試験を行った。令和3年度には21,651件の実証試験を行い、トマト葉表の検証結果では、病害についてはVesion6 (V6) で、すすかび病を除いた8病害で80%を越える適合率を示した。虫害についてはV4で、アザミウマ類、コナジラミ類、オンシツコナジラミ、ハモグリバエ類について高い適合率を示した。葉裏の検証結果では、病害についてはV6でうどんこ病、灰色かび病、黄化葉巻病が、虫害についてはV4でアブラムシ類、コナジラミ類、タバココナジラミ、ハモグリバエ類、ハスモンヨトウが高い適合率を示した。

表1 トマト葉表（病害）の検証結果

	V1			V2			V3		
	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率
うどんこ病	591	71.9	90.7	248	87.9	90.8	591	91.5	87.2
灰色かび病	250	87.2	96.9	207	95.2	88.8	207	94.7	51.2
すすかび病	381	18.4	72.9	174	46.6	85.2	381	31.0	77.6
葉かび病	37	89.2	71.1	37	89.2	78.5	37	35.1	86.7

	V4			V5			V6		
	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率
うどんこ病	711	86.2	99.0	591	96.3	92.2	1561	94.7	93.2
灰色かび病	357	84.9	71.8	207	92.3	72.6	996	85.0	81.7
すすかび病	381	86.6	78.9	381	44.4	75.8	1575	86.7	77.3
葉かび病	432	80.3	87.6	37	64.9	86.1	714	62.0	85.6
疫病	651	62.8	91.9				673	76.4	91.6
輪紋病									
褐色輪紋病							82	90.2	86.0
半身萎凋病									
青枯病							358	50.6	95.9
かいよう病	79	65.8	87.8				118	83.9	84.1
黄化病									
黄化葉巻病	269	98.9	99.8				356	99.7	91.0

表2 トマト葉表（虫害）の検証結果

	V1			V2			V3			V4		
	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率
アザミウマ類							265	0	0	773	87.7	89.3
コナジラミ類	42	69.0	100	42	85.7	100	42	85.7	89.0	220	70.9	97.0
オンシツコナジラミ										94	74.5	100
ハモグリバエ類							43	0	0	2121	82.2	94.1
トマトサビダニ							78	2.6	29.6	171	0	0
オオタバコガ										64	0	0
ハスモンヨトウ										565	50.4	50.7

表3 トマト葉裏（病害、虫害）の検証結果

	V6			V3			V4			
	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率	検証枚数	再現率	適合率	
うどんこ病	132	94.7	95.7	アブラムシ類	17	100	98.2	34	70.6	89.7
灰色かび病	40	95	90.5	コナジラミ類				980	86.9	98.9
すすかび病	269	64.3	53.9	タバココナジラミ				74	83.8	100
葉かび病	201	2.5	28.2	ハモグリバエ類				6	100	100
黄化葉巻病	87	100	99.5	ハスモンヨトウ				16	56.3	99.9

4) 成果活用における留意点

特になし

5) 今後の課題

特になし

小課題番号	2	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	2 イチゴの画像データ収集と検証		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構九州沖縄農業研究センター暖地畑作物野菜研究領域畑作物・野菜栽培グループ 川部 眞登		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

イチゴで発生する主要病害虫を生産者等が所有するウェアラブル端末を使って撮影し、それを通信機能と連携した人工知能（AI）が解析して精度の高い診断結果を回答する生産現場で実現可能な病害虫の画像診断システムを開発するため、主要野菜で発生する重要病害虫による時系列被害の電子画像取得とデータベース構築に取り組み、病害虫の画像診断システムを公開し、生産圃場で発生する病害虫の早期発見に貢献する。

2) 研究方法

画像収集対象病害虫として、参画機関のアンケート調査によりイチゴで問題になっている病害虫を調査し、10種程度を選定する。画像データは温室、人工光室、グロースチャンパー、現地圃場など異なる環境条件下において、病害および虫害の発生を経時的に撮影をし、画像データ収集を行う。構築された診断システムの改善に必要と考えられる電子画像データは、部位別・程度別に整理し、必要に応じて取得する。さらに、構築された診断システムの精度を調査するために、現地圃場などで研究者、普及員、農業従事者等により診断システムの現地実証を行い、結果をまとめる。

3) 研究結果

プロジェクト開始年度に、17種の対象病害虫の選定と被害程度の共通認識化を行い、画像収集データの回収を始めた。その後、実際の圃場での発病頻度も考慮に入れ、診断システム構築の効率化を行うため、電子画像データを取得するための優先順位を策定した。その優先順位をもとに、各県から送付された電子画像データのうち不完全なデータを除いたものをデータベース化に最適となるようにファイリングし、データベース構築する共同研究機関に渡した。現在、合計で149198枚の電子画像データを送付した。また、22000枚以上の画像を用い、構築された各バージョンの診断システムの実証試験を行った結果、葉表、葉裏および果実で100～50%の再現率と100～33%の適合率を示した。

4) 成果活用における留意点

現在構築されている診断システムを使用をする際には、診断対象部位および病害虫によって再現率や適合率が低い場合もあることを考慮に入れる必要がある。

5) 今後の課題

現行の診断システムを今後も長期間使用できる形とする必要がある。また、診断システムの今後のバージョンアップやブラッシュアップを行う予算などが必要。

小課題番号	3	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	3. キュウリの画像データ収集と検証		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門作物病虫害防除研究領域生物的 病虫害防除グループ 井上康宏		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

全国的に栽培され主要な野菜品目であるキュウリの病虫害について人工知能による病虫害診断システムの開発に必要な重要病虫害の電子画像データの収集及び生産現場における人工知能病虫害診断システムの実証を行なう。キュウリの重要病虫害10種類程度を選定、人工知能の教育に用いる電子画像データを収集、ファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

各地域のキュウリ産地で、収集した画像データを元に構築された病虫害AI診断システムの精度を評価するための実証試験を実施し、正答率、生理障害の影響等に関する情報を人工知能開発に取り組む共同研究機関にフィードバックし、必要に応じて電子画像データを追加収集するなどして、更なる精度の向上に寄与する。

2) 研究方法

生産環境や作型の異なる北日本、関東、甲信越、東海、中四国、九州の6地域におけるキュウリ主産地ごとに、5年程度前から研究開始までの期間で、恒常的に発生する重要病虫害を調査し10種類程度を選定する。平成29年度（1年目）～令和元年度（3年目）には、それぞれの産地で分離・同定した病虫害の単一種を用いて、試験場内等の管理された圃場や施設内で人為的に接種し、各地域の生産環境下に即して変遷する被害様相（病徴、食害痕、害虫の外部形態等）を、人工知能の教育に用いる電子画像データとして収集、ファイリングする。

令和2年度（4年目）～令和3年度（5年目）には、各地域のキュウリ産地で、構築された病虫害AI診断システムの精度を評価するための実証試験を実施し、正答率、生理障害の影響等に関する情報を人工知能開発に取り組む共同研究機関にフィードバックし、必要に応じて電子画像データを追加収集する。

3) 研究結果

AI診断の対象となる病害として、うどんこ病、灰色かび病、炭疽病、べと病、褐斑病、つる枯病、斑点細菌病、モザイク病（CMV、PRSV、WMV、ZYMV）、退緑黄化病（CCYV）、黄化えそ病（MYSV）、虫害として、アザミウマ類、コナジラミ類、ハダニ類、チャノホコリダニ、アブラムシ類、ハスモンヨトウを選抜し、これらの画像収集を行った。その結果、病害として86,353枚、虫害として46,803枚、対照となる健全植物を51,976枚、その他の重要な害虫や複数の病虫害の混発など3,668枚の計188,800枚の画像を教師用として提供した（表1）。

共同研究機関の開発した人工知能による病虫害識別器の精度を調べるため、令和2年度は病害識別器のバージョン1～4に対して葉表の病害を延べ約14,500枚、葉裏の病害を約

76枚、健全植物の葉表を約1,800枚、虫害識別器のバージョン1～3に対して葉表の虫害を延べ約5,600枚、葉裏の虫害を延べ約3,100枚、健全植物の葉表を延べ約1,600枚と葉裏延べ約360枚を検証した。さらに令和3年度は最新の識別器のバージョンに対して、病害では葉表5,612枚、葉裏122枚、健全葉表299枚、虫害では葉表1,824枚、健全葉表895枚、葉裏4,413枚、健全葉裏488枚を用いて精度検証を行うと共に、前年度の識別器バージョンに対しても精度検証を行った。識別の精度は最新のバージョンにおいて、病害では再現率36～93%、適合率41～100%、虫害では再現率24～89%、適合率43～100%であった（表2）。2年間の精度検証は、病害識別器において延べ34,111枚、虫害識別器において延べ19,489枚であり、バージョン毎の検証精度を明瞭に示すことができた。以上により、本課題では教師用画像の取得及びA Iの精度検証ともに達成目標以上に実施することができた。

表1. 病害虫種とキュウリ部位別のAI学習用画像データ収集実績

	葉(表)	葉(裏)	花	果実	つる	茎	茎頂部	地際部	全体
うどんこ病	7149	33	—	—	—	—	—	—	—
灰色かび病	426	31	1519	533	—	57	—	—	12
炭疽病	4504	27	—	—	—	—	—	—	—
べと病	10856	2662	—	—	—	—	—	—	—
褐斑病	8132	1860	—	—	—	—	—	—	—
つる枯病	1698	72	—	—	—	3271	—	—	—
斑点細菌病	9669	2601	—	—	—	—	—	—	—
モザイク病	9274	—	—	1596	—	—	—	—	—
CCVY	2102	—	—	—	—	—	—	—	—
MYSV	14845	347	—	2978	—	—	31	—	68
アザミウマ類	7778	3641	211	32	—	—	12	—	—
コナジラミ類	1626	4499	—	—	—	—	5	—	—
ハダニ類	4463	4788	—	—	—	—	—	—	—
チャノホコリダニ	1230	—	—	—	—	—	—	—	—
アブラムシ類	3093	6440	2414	2611	4	53	1633	—	42
オオタバコガ	346	—	15	—	—	5	10	—	—
ハスモンヨトウ	1706	520	2	—	—	—	—	—	—
トマトサビダニ	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ワタヘリクロノメイガ	47	65	—	—	—	—	12	—	—
ウリキンウワバ	131	1095	—	—	—	—	4	—	—
トマトハモグリバエ	1284	—	—	—	—	—	—	—	—
健全	25058	10758	4231	5219	—	3663	3037	—	10
上記以外	398	182	7	0	0	67	0	0	0

緑色ならびに水色は、各病害虫種において優先的に画像データを収集した植物部位。緑色：被害が発生しやすく診断の必要性が高いと考えられる部位。水色：診断の必要は高いが被害の特徴が現れにくい部位。—は収集対象外の病害虫の部位を示す。

表2. 病害虫診断システムの各バージョンによる精度検証（全期間の結果）

判別対象	検証枚数					再現率					適合率				
	Ver. 1	Ver. 2	Ver. 3	Ver. 4	Ver. 5	Ver. 1	Ver. 2	Ver. 3	Ver. 4	Ver. 5	Ver. 1	Ver. 2	Ver. 3	Ver. 4	Ver. 5
葉表															
うどんこ病	1023	1578	1317	2360	1450	47.9%	66.7%	91.2%	91.2%	88.4%	76.8%	93.2%	93.7%	93.7%	96.1%
べと病	1410	1733	1469	2265	1408	60.9%	66.2%	89.2%	88.0%	93.2%	64.3%	66.1%	85.1%	82.7%	76.4%
褐斑病	748	912	411	1148	949	61.8%	76.2%	71.3%	80.7%	51.0%	68.8%	60.4%	65.3%	71.6%	80.5%
つる枯病	192	216	122	212	215		6.5%	45.1%	10.8%	85.1%		13.0%	65.5%	24.5%	42.4%
斑点細菌病					264					36.5%					66.3%
モザイク病				622	582				43.2%	52.2%				44.5%	58.3%
CCYV	251	251	251	465	415	29.5%	33.1%	43.4%	60.9%	63.9%	45.4%	41.9%	67.3%	81.6%	88.6%
MYSV	1283	1530	1519	1860	531	40.8%	50.8%	57.3%	61.3%	45.2%	51.8%	67.8%	87.5%	78.4%	48.5%
アザミウマ類	1878	1973	2692	1249		66.5%	82.0%	82.9%	89.0%		93.9%	94.4%	92.5%	79.7%	
コナジラミ類	69	69	69	38		63.8%	84.1%	60.9%	86.8%		48.9%	56.9%	33.6%	63.5%	
ハダニ類	141	141	512	343		42.6%	78.0%	71.1%	82.5%		29.9%	52.9%	84.5%	86.0%	
チャノホコリダニ			64	594				37.5%	45.6%				31.2%	100.0%	
アブラムシ類			50	298				48.0%	78.9%				49.0%	92.2%	
ハスモンヨトウ				52					61.5%					50.8%	
健全：病害識別器	617	617	429	768	299	64.5%	49.8%	74.6%	77.2%	78.9%	45.7%	32.9%	44.1%	49.5%	41.0%
健全：虫害識別器	795	696	1149	895		86.0%	75.3%	81.7%	78.7%		59.3%	68.1%	65.2%	63.7%	
葉裏															
べと病	45							66.7%					75.0%		
褐斑病	77							85.7%					81.5%		
アザミウマ類	573	573	718	750		15.0%	33.9%	43.9%	57.2%		76.8%	91.1%	74.1%	83.1%	
コナジラミ類	671	558	1441	1249		71.4%	88.9%	85.1%	89.2%		69.4%	82.0%	85.3%	89.3%	
ハダニ類	318	318	1167	944		22.3%	47.2%	78.8%	76.0%		37.0%	56.8%	83.7%	90.2%	
チャノホコリダニ				320					24.1%						
アブラムシ類	592	573	1541	1459		71.1%	87.3%	89.8%	89.3%		55.2%	83.8%	94.9%	83.5%	
ハスモンヨトウ				179					84.9%					80.0%	
健全：虫害識別器	267	168	323	488		77.2%	67.9%	71.2%	88.7%		31.1%	22.4%	29.8%	43.1%	

4) 成果活用における留意点

学習用画像データはオープンソースとして利用できるが、診断器については事業終了後には機能を限定した専用機器による利用のみ可能となる。

5) 今後の課題

特になし。

小課題番号	4	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	4 ナスの画像データ収集と検証		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構植物防疫研究部門・作物病虫害防除研究領域・生物的病虫害防除グループ 光永貴之		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

全国的に栽培され我が国の主要な野菜品目の一つであるナスの重要病虫害による被害の初期から後期に至るまでの間で変化する現象や生理障害を日照や温度等を制御した人工恒温温室等を用いて生物学的に検証する。また、病虫害の発生は地域的・季節的・気象的要因等により流行の程度等も異なることから、各県のナス産地において5年程度前から現在まで恒常的に発生する重要病虫害を調査し、病害および虫害をそれぞれ10種類程度選定する。選定された病虫害について人工知能の教育に用いる電子画像データを収集、ファイリングしたのち、人工知能やデータベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

また、各県のナス産地において、構築された病虫害AI診断システムの精度検証をするための実証試験を実施し、再現率や適合率、生理障害等の影響を検討する。これらの情報を共同研究機関にフィードバックすることで人工知能の更なる精度向上に寄与する。

2) 研究方法

生産環境や作型、栽培品種等の異なる関東、中部、北陸、東海、近畿、九州の6地域におけるナスの主要産地ごとに研究開始5年前から開始時までの期間で恒常的に発生する重要病虫害を病害・虫害別に10種程度を選定する。平成29年度(1年目)～31年度(3年目)には、選抜した病虫害のナスに与える被害(病徴、食害痕等)を時系列的に記録するため各県研究機関内等において病虫害を人為的に接種・放虫する。人工知能に教育するための電子画像としてナスの被害を接種・放虫初期から後期までの期間に種々の異なる条件で経時的に記録する。また害虫は卵から成虫までの各ステージの外部形態も記録する。加えて、害虫防除に利用される天敵昆虫類と害虫種の識別も重要なことから、天敵昆虫類やその寄主についても記録する。これら、全国で取得した重要病虫害によるナスの経時的被害状況変遷(病徴や食害痕等)や、害虫の一世代を反映した電子画像データをデータベース化に最適となるようにファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

令和2年度(4年目)～3年度(5年目)には、構築された病虫害を診断できる人工知能の精度を評価するための実証試験を各県で実施し、開発した人工知能が出した答えの再現率や適合率を調査するとともに、生理障害等の情報についても取得する。これらの結果を人工知能の開発に携わる共同研究機関にフィードバックすることで、更なる精度の向上に寄与する。さらに電子画像については、引き続きAIの学習が高度化できるよう、多数の画像を撮影・ファイリングし、データベースを構築する共同研究機関に受け渡す。

3) 研究結果

研究対象となる病虫害は、病害が8種、虫害が16種選抜された(表1)。これらについ

て加害部位別に画像収集を行った。その結果、病害では総計73,280枚(内有効画像44,536枚)、虫害では総計49,043枚(内有効画像43,813枚)、合計122,323枚(内有効画像88,349枚)が取得され、共同研究機関に提供された。加えて、対照となる健全画像について総計42,334枚(内有効画像24,973枚)を提供した。

開発された人工知能による病虫害識別器の精度を検証するために、令和2年度から病害識別器(開発ver.1~3、ただし葉裏はver.1)及び虫害識別器(開発ver.1~4)に対して正解のわかっている被害葉の画像を判別させ、その再現率および適合率を調べた(表2、3)。識別精度は識別器のバージョン及び病虫害種によって違いはあるが、最新のバージョンでは葉表で概ね50~99%(病害)、あるいは45~99%(虫害)となった。これらの結果について共同研究機関に受け渡すことにより、フィードバックに寄与した。以上のことから、本課題ではその研究目的を達成することができた。

表1 選定された病虫害種の加害部位別AI学習用画像データ収集実績(有効画像のみ)

病虫害種	葉(表)	葉(裏)	花	果実	茎頂部	茎断面	全体	総計
病害								
うどんこ病	8706	624	45	151			112	9640
灰色かび病	1272	321	309	1116			23	3058
すすかび病	3002	1873					3	4878
青枯病	1922	14			1425	2210	4104	9705
褐色腐敗病				5840				5840
褐色円星病	6495	828		269				7592
黒枯病								
半身萎凋病	2184				175	276	1188	3823
虫害								
ミカンキイロアザミウマ	1592	491						2083
ミナミキイロアザミウマ		370		2				372
ヒラズハナアザミウマ	43	414	15	6				478
ネギアザミウマ	4618	700			8			5326
オンシツコナジラミ	2	14						16
タバココナジラミ	52	1391						1443
ナミハダニ	5358	1690			18			4066
カンザワハダニ	2303	995					63	3361
チャノホコリダニ	1395	9	27	1174	384			3884
ワタアブラムシ	1571	1847	60		42			3520
モモアカアブラムシ	4631	2608	48	15	1898		202	9402
オオタバコガ	219	34	14	122				392
ハスモンヨトウ	5859	706					694	7259
トマトハモグリバエ	896	6						902
マメハモグリバエ	1055							1055
ニジュウヤホシテントウ	4997	384		29	12		62	5484
健全	12671	3070	649	1826	1978	1149	3452	24973

表2 病害虫診断システムの各バージョンによる精度検証（ナス集果）

判別対象	検証枚数				再現率				適合率*1			
	ver. 1	ver. 2	ver. 3	ver. 4	ver. 1	ver. 2	ver. 3	ver. 4	ver. 1	ver. 2	ver. 3	ver. 4
うどんこ病	144	1,010	1,033		83.3	97.3	76.3		96.0	98.8	98.5	
灰色かび病		0	37				91.9				94.3	
すすかび病	32	33	314		43.8	75.8	86.0		66.7	65.8	75.6	
青枯病	0	90	62			82.2	82.7			32.0	66.3	
褐色円星病	53	181	540		92.5	98.9	99.4		79.0	73.7	88.4	
半身萎凋病	20	731	393		50.0	59.9	50.0		100.0	98.4	98.4	
アザミウマ類	91	90	644	819	60.4	68.9	85.2	86.3	83.3	89.9	94.4	98.9
コナジラミ類				154					44.3			100.0
ハダニ類			347	497			83.1	98.8			92.2	89.2
ナミハダニ	0	54				94.4				98.1		
カンザワハダニ	13	9			30.8	66.7				54.5		
チャノホロリダニ	20	20	55	355	80.0	70.0	81.8	88.8	72.7	53.8	73.8	85.2
アブラムシ類			268	492			88.0	90.8			88.6	71.8
ワタアブラムシ	0	0										
モモアカアブラムシ	35	91			8.6	80.2			42.9	98.6		
ハスモンヨトウ	57	57	247	540	47.4	73.2	85.8	79.9	73.0	91.1	82.5	72.5
ハモグリバエ類	87	51	192	199	50.6	76.5	93.8	99.0	78.6	83.0	93.8	93.5
ニジュウヤホシテントウ	20	0	104	272	40.0		66.3	60.5	26.7		77.5	96.4
健全：病害の識別器で検証	36	980	688		97.2	97.6	87.2		28.7	87.8		
健全：虫害の識別器で検証	17	0	343	131	100.0		86.3	98.9			71.7	86.7

病害識別器 (ver. 1~ver. 3) または虫害識別器 (ver. 1~ver. 4) により診断精度を検証。識別器の対応の無いものは空欄。

*1：画像100枚あたりの適合率。検証枚数の総数が20枚以下の病害虫種は除外した

表3 病害虫診断システムの各バージョンによる精度検証（ナス集果）

判別対象	検証枚数				再現率				適合率*1			
	ver. 1	ver. 2	ver. 3	ver. 4	ver. 1	ver. 2	ver. 3	ver. 4	ver. 1	ver. 2	ver. 3	ver. 4
すすかび病	369				90.2							
アザミウマ類	0	0	509	78			92.3	43.6			97.1	78.0
コナジラミ類				398				69.8				100.0
ハダニ類			167	359			78.4	76.0			95.6	93.8
ナミハダニ	30	30			0.0	0.0				0.0		
カンザワハダニ	1	0			0.0							
チャノホロリダニ			0									
アブラムシ類			402	389			95.8	92.0			90.6	45.5
ワタアブラムシ	0	31				100.0				60.8		
モモアカアブラムシ	60	128			46.7	86.7			46.7	100.0		
ハスモンヨトウ	0	0	130	236			73.8	76.1			90.6	48.5
ニジュウヤホシテントウ	0	0	42	206			73.8	46.1			81.6	94.1
健全：虫害の識別器で検証	0	0	44	62			97.7	85.5			45.3	53.5

病害識別器 (ver. 1) または虫害識別器 (ver. 1~ver. 4) により診断精度を検証。識別器の対応の無いものは空欄。

*1：画像100枚あたりの適合率。すすかび病及び検証枚数の総数が20枚以下の病害虫種は除外した

4) 成果活用における留意点

学習用画像データはオープンソースとして利用できるが、診断器については事業終了後には機能を限定した専用機器による利用のみ可能となる。

5) 今後の課題

特になし。

小課題番号	5	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	5 病害虫情報データベースの構築とオープンデータ化		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構農業環境研究部門・土壌環境管理研究領域・農業 情報グループ 岩崎亘典		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

共同研究機関が収集した病虫害による作物の被害状況等の画像約10万枚を用いて、AI学習用画像データベース(DB)を構築する。さらに、農研機構農業環境変動センターが所有する昆虫・微生物等の標本を用いて、生物種約7,000の画像等を含む病害虫情報DBを構築する。構築したデータベースは、運用中のデータカタログサーバを用いてオープンデータとして速やかに公開するとともに、AI学習用画像DBを登録、管理するシステムを構築するとともに、AI学習に活用できるよう、オープンデータとして公開する。

2) 研究方法

2017年度および2018年度については、病虫害による被害の種類、程度といったAIを用いた病虫害診断に必要な情報(メタデータ)を選定し、被害画像に効率的に付与する手法を検討した。また、メタデータにもとづきAI学習用画像データベースを設計するとともに、それらを管理する病虫害被害画像管理システムの設計、開発を行った。開発した病虫害被害画像データベースに、小課題1から4において収集された病虫害被害画像を登録するとともに、病虫害識別AIを開発する小課題6および7学習用に最適化された形で画像を提供する。これらの病虫害被害画像の正確性を保証するための病虫害情報データベース設計を設計し、データの登録手法を構築するとともに、種情報及びDNAバーコード情報等を登録する。これらの被害画像について、オープンデータとして公開するための手法を開発する。

2019年度以降は、病虫害被害画像データベースへの画像登録、小課題6・7への学習用画像の送付、病虫害情報データベースへの情報の登録を進めるとともに、開発した人工知能を小課題9が開発する民生用アプリケーションから利用するための中間サーバを構築する。さらに2020年度以降は、現場ほ場調査等により得られた病虫害被害画像について、複数枚の検証を同時に実行するための機能を、中間サーバに実装する。

3) 研究結果

2017年度には、作物、病虫害名、撮影対象部位など、表1に示す項目についてAI学習用画像に付与するメタデータを決定した。被害画像に誤りなくメタデータを付与するために、登録項目を含むQRコードを作成するアプリケーションを開発し、これらの情報を画像に付与するプログラムをScript言語であるPythonを用いて開発した。これらの画像を管理する病虫害被害画像管理システムのプロトタイプを構築した(図1)。また、表2に示す項目について病虫害情報データベースに収集することとし、種情報の収集を開始した。2018年度には病虫害被害画像管理システムへ画像の登録を進めるとともに、システムやソフト

ウェアの改修を行った。

2019年度には、メタデータに付与された作物、撮影対象部位、病害虫名に基づいてファイルを分配した画像について小課題6・7へと提供するとともに、図2に示すように、フォルダ構成に基づいて静的Webページを作成し、オープンデータとして公開した。

表 1 病害虫被害画像に付与したメタデータ一覧

メタ情報名	説明	備考
FileName	ファイル名	試験IDと撮影日時等から一意的に生成
Model	撮影カメラ名	
CreateDate	撮影日時	
GPSLatitude	緯度	GPSまたは、QRコードにより付与
GPSLongitude	経度	GPSまたは、QRコードにより付与
CropName	対象作物名	
ExaminationOrganization	試験実施機関名	
ExaminationID	試験ID	接種試験毎に付与し、試験条件を実施機関で記録
ExaminationEnvironment	試験を行う環境。	露地、施設、グロースチャンパー
ShootingPart	撮影対象となる部位	葉(表)、花、果実等
PestDiseaseClassification1	撮影対象の病害、虫害、健全の区別	
PestDiseaseName1	撮影した病害虫名	
PestDiseaseIdentification1	撮影した病害虫診断の正確度	実験室で判定または簡易判定
CropDamageLevel1	病害虫による作物の被害程度	4段階
PestBoddyPresence1	画像内の虫体の有無	
PestBoddyClassification1	虫体が写っている場合の区分 (2~5まで入力可能)	個体または群体
Copyright	撮影した写真の著作権者	試験実施機関とする。
License	利用許諾条件	標準的ライセンスであるCC BY 4.0を採用
LicenseURL	利用許諾URL	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ja

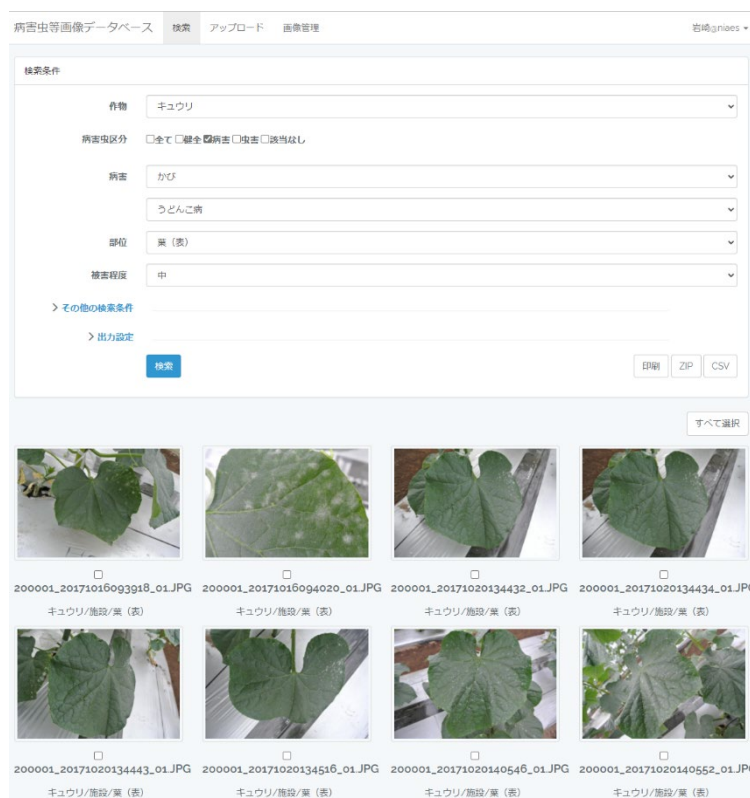


図 1 病害虫被害画像管理システムの動作画面

表 2 病害虫情報データベースに格納した情報

目名	Order	科名	Family	亜科名	Subfamily
チョウ目	Lepidoptera	ヤガ科	Noctuidae		
半翅目	Hemiptera	カメムシ科	Pentatomidae	カメムシ亜科	Pentatominae
ヒョウウツ目	Helotiales	キンカキン科	Sclerotiniaceae		
属名	亜属名(op)	種名	命名者名	記載年	亜種小名(op)
Dysgonia		stuposa	(Fabricius)	1794	
Nezara		antennata	Scott	1874	
Botrytis		cinerea	Persoon:Fries	1794	
亜種命名者(op)	亜種記載年	和名			
		アシブクテバ			
		アオクサカメムシ			
		灰色かび病菌			
分布	採集地点	生態			
本州, 四国, 九州, 対馬, 南西諸島	鹿児島県	トマト等の害虫			
北海道, 本州, 伊豆, 隠岐諸島, 四国, 九州, 五島, 沖縄	東京都	トマト等の害虫			
全国	栃木県	灰色かび病等病原体			

また、Web API を変換する中間サーバを構築し、小課題 9 において開発した民生用アプリケーションから、小課題 6 が開発した病害診断 AI と小課題 7 が開発した虫害診断 AI を接続可能とした。2020 年度には、当該年度より始まった現地実証に対応し、図 3 に示すように診断に用いる画像と対象病害虫のメタデータが入った CSV ファイルを登録することで、一括して精度検証を行う Web サイトを開発した。本サイトは PRISM の予算を用いて構築しており、これにより精度検証の効率化が可能となった。2021 年度には上記の中間サーバの機能を活用し、現地ほ場等で得られた精度検証用画像をリサンプリングし、複数回の精度検証を実施することで、各モデルの識別精度の 95%信頼区間を算出した。その結果、多様な画像を準備できれば、50 枚程度の検証で、精度の変動が小さくなることを確認した。

以上により、表 3 に示すように、AI 学習用画像としてトマト、イチゴ、キュウリ、ナスについて、それぞれ約 19.1 万、15.6 万、17.6 万、17.6 万、合計約 70 万枚の学習用画像を提供した。また、病害虫情報データベースには、昆虫種約 6,000 種、微生物約 1,000 種、合計 7,000 種の種情報、画像、DNA バーコード情報等を収集した。



図 3 被害画像一括診断機能の実行例

表 3 学習用画像として送付した病害虫被害画像枚数

病害	トマト	イチゴ	キュウリ	ナス	総計	虫害	トマト	イチゴ	キュウリ	ナス	総計
うどんこ病	9,558	17,416	9,110	11,651	47,735	ミカンキイロアザミウマ	7,319	4,825	2,774	2,471	17,389
灰色かび病	19,700	7,625	2,147	4,524	33,996	ミナミキイロアザミウマ			7,049	1,013	8,062
炭疽病			3,065		3,065	ヒラズハナアザミウマ	3,227	8,866	173	494	12,760
炭疽病（萎凋症）		11,495			11,495	ネギアザミウマ		10,974	1,529	7,092	19,595
すすかび病	10,821			7,671	18,492	オンシツコナジラミ	6,271	2,487	5,444	16	14,218
葉かび病	8,283				8,283	タバココナジラミ	6,258	70	3,672	1,936	11,936
疫病	5,704				5,704	ナミハダニ		9,150	5,815	5,807	20,772
べと病			12,283		12,283	カンザワハダニ		69	3,651	4,676	8,396
褐斑病			9,720	361	10,081	チャノホコリダニ		142	2,111	7,118	9,371
褐色輪紋病	5,454				5,454	トマトサビダニ	4,654				4,654
褐色円星病				8,587	8,587	ワタアブラムシ	3,656	8,811	14,552	4,883	31,902
褐色根腐病	4,171			4,171	4,171	モモアカアブラムシ	2,958		231	11,560	14,749
褐色腐敗病				7,096	7,096	オオタバコガ	7,233		376	1,595	9,204
萎黄病		8,171			8,171	ハスモンヨトウ	3,362	11,154	1,067	10,910	26,493
つる枯病				3,084	3,084	トマトハモグリバエ	3,664		1,273	1,157	6,094
半身萎凋病			4,597		4,597	マメハモグリバエ	69			1,362	1,431
青枯病				6,825	6,825	ニジュウヤホシテントウ				8,177	8,177
斑点細菌病	13,912			10,632	24,544	ネコブセンチュウ	9,353				9,353
かいよう病			12,212		12,212	該当なし	630	3,890	1,834	77	6,431
CMV	6,324				6,324	健全	38,584	51,057	47,387	45,695	182,723
WMV			2,996		2,996						
ZYMV			4,966		4,966						
CCYV			2,096		2,096						
MYSV			14,544		14,544						
ToMV（モザイク病）	1,827				1,827						
黄化葉巻病	14,037				14,037						
						合計	197,029	156,202	176,674	176,470	706,375

4) 成果活用における留意点

本課題において開発した、精度検証のためのサーバは、2022年度一杯、運用する予定である。また、公開用の被害画像については、作物、部位、病害虫名等の学習に必要な最低限の情報は付与されているが、人工知能の学習に用いるためには、精査が必要である。

5) 今後の課題

本課題および小課題1～4の実施通して、主要果菜類4作目の重要病害虫について、病害虫の被害画像を収集することができた。また、小課題10において構築したデータアグリゲーションスキームにおいて、一般のユーザを含めて、大量の画像を収集することが可能となった。一方で、深層学習による画像識別においては、精度の保証された高い品質のデータが必要となる。

今後、本委託事業の参画機関をはじめとする公設試験場等と協働することで、こうした高品質のデータを拡充する手法の開発が必要となる。

小課題番号	6	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	6 病害診断のための高精度人工知能の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	法政大学・生命科学部・鍵和田 聡		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴの4作目の主要な病害を、スマートフォンなどで撮影された画像を用いて診断するためのコアとなるAI技術の開発を目的とする。主要病害に対して平均8割程度の識別精度を実現することを達成目標とする。

2) 研究方法

小課題1～4により得られた病害画像をもとに最新の識別モデルを用いて学習させ、キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴの4作物の葉、果実、その他の部位の病害の識別器を構築した。識別精度の評価については、学習画像と異なる圃場で撮影した実際に近い状況の評価値となるように行った。構築した識別器のデモサーバはコンソーシアム内に公開し、実証試験に活用できるようにした。小課題1～4にて識別器の検討を行い、そのフィードバック情報を踏まえて、さらに頑健性および精度の向上を図った。頑健性が高く精度の高い識別器を構築するために、(1) 過学習抑制のための手法(前処理、学習アルゴリズムなど)の開発、(2) 識別部位ごとに対象の特徴の考慮、および必要に応じた対象を統合(例: 果柄+葉柄+ランナー→莖部)した識別器の構築、(3) 広域からの領域抽出を含む多段階識別を中心に行った。

3) 研究結果

平成29～令和3年度にかけて、小課題1～4により得られた病害画像をもとに最新の識別モデルを用いて学習させ、キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴの4作物の葉、果実、その他の部位の病害の識別器を構築した。構築に際しては、各年度、最新の識別モデルを応用した上で、頑健性および精度を向上させるため、過学習を抑える様々なシステム検討・開発して応用した。これらの識別機は最終的に、学習画像と異なる圃場で撮影した実際に近い状況の評価において、主要病害に対して平均8割の識別精度を実現した。

平成31～令和3年度においては、作製した識別機についてデモサーバを構築してコンソーシアム内に公開し、実証試験に活用できるようにした。そこで得られた精度評価のフィードバック情報も加味して、さらに精度向上につなげた。

多くの信頼できる画像データの提供を受け解析する研究活動を通じて、キュウリ、トマト、ナス、イチゴの4作物の葉、果実、その他の部位の病害の識別器を開発する過程で、直接的、間接的、双方の多岐にわたる成果を得た。以下の6つが挙げられる。

A. 学習用画像と評価用画像の完全な分離の必要性の発信

画像を用いた植物病の自動診断は、診断の根拠となる病徴があいまいかつ多様であることから、一般的な画像認識タスクと異なり、病害間の違いより画像の撮影環境の違いの方が結果に大きな影響を及ぼす事例が多いことが明らかになった。このことから病害識別器の構築と評価には、それぞれ異なる圃場で撮影された画像を用いることの重要性と必要性を訴えた[1, 2]。そして、これまで世界的に学術論文で公表されている植物病自動診断成果のほとんどが学習データと評価データを明示的に分離していない事に起因する過学習状態で、本質的な性能は公表されている数値より大幅に低いことを指摘した[3]。このことは、診断システムの評価という根幹にかかわる極めて重要な成果であり、世界的に大規模な高品質画像データの提供を受け、解析できたからこそ実現できた成果である。

B. 病変に注目させることで深層学習器の精度を向上させる技術の開発

深層学習の代表的な画像認識技術である畳み込みニューラルネットワーク（以下CNN）は、学習が容易である一方、画像の拡大・縮小に対して頑健性がないため、多様な画角の画像の診断に適切に対応できない。診断システムの入力には多様な画像があり、病変を含む領域が極めて小さい場合も少なくない。こうした状況に対応すべく、病変部位を含む重要領域の抽出手法を構築し、様々な部位で診断精度の向上を確認した[4, 5]。

C. 高精細な学習データの「生成」による診断精度向上技術の開発

高精度な深層学習器の構築には、多くの正しい教師ラベル付きの学習データが必要である。プロジェクトより、多くの病害画像が提供されているが、病害種によってはその数が十分ではないものもある。我々は、近年のデータ生成技術を応用し、疑似的に高精度な学習用画像を生成する技術を開発した[6, 7]。手法[6]は、病害画像の特徴を健全画像に自然に転移させることで学習に用いることのできる病害画像を大幅に増やすことができ、[7]はさらに発展させ、疑似的な健全画像も生成しそこに転移させることで事実上限りなく学習画像を生成できる。これらの技術は見た目自然な病害画像ならびに健全画像を生成することができ、CNNによる病害診断能（macro F1-score）をそれぞれ平均7.4%、9.4%向上させることを確認した。

D. 対象までの撮影距離差に頑健なBB型識別器の開発とその改良

前述のようにCNN識別器は、カメラ-被写体間の変化（識別対象の拡大・縮小）に頑健性がないため、学習画像と大きく画角が異なる画像に対する性能が得られにくい。こうした背景から、主に広域診断を目的に病変の抽出とその識別が同時に行え、画像の拡大・縮小に頑健なBoundary Box型（以下BB型）のモデルの適用を行ってきた[1, 2]。また、各作物で識別対象の病害種類が多い葉領域の診断については、世界最高峰のBB型モデルであるYOLOv5[8]をベースとした診断モデルを構築した。BB型モデルは、病変の部位も明示的に示すことができるため結果に対するユーザの解釈性が高く、また従来の畳み込みニューラルネットワーク（以下CNN）の欠点である距離の変動に対して頑健であるという長所がある。しかしBB型のモデルは、健全症例を明示的に学習できない欠点があり、病害の過検出が課題となっていた。そこで独自の学習方法であるHard sample training法を開発・適用し、過検出を抑え、大幅な精度向上（キュウリ：66.5%→79.9%、トマト：70.3%→79.1%、ナス：79.0%→84.6%、イチゴ：79.1%→88.8%、いずれもmacro-F1スコア）を達成した。

E. 診断精度向上に貢献する植物を対象とした超解像手法の開発

また、植物病害の自動診断において高い精度を実現するには、これまで想定していた以上に高い解像度が必要であることが研究で明らかになった。2018年当時最先端であった学習型超解像技術(ESRGAN[9])をベースに、独自の超解像技術(LASSR)を開発した。ESRGANは、植物画像の超解像を得る際に特異的なノイズ(artifact)が生成されてしまうが、提案手法はそれらの発生を大幅に抑制し、超解像化した画像で学習した識別器はそうでないものに比べて平均約20%、ESRGANをベースにしたものより約2%高い識別能を実現した[10]。

F. 上記技術を適用した各作物、各部位の識別器の構築と、プロジェクトへの公開

上記の成果を利用して、キュウリ、トマト、ナスおよびイチゴについて葉や果実など識別対象部位の病害識別器を構築し公開した。特に診断病害の種類が多い葉領域に対する識別器には、前述のように独自のhard sample training法を適用したYOLOv5を用いることで、誤検出を大幅に低減している。また葉裏、果実を対象とした識別器には2019年5月に画像認識精度で世界一を実現したCNNモデルであるEfficientNet[11]に、同様に極めて優れたdata augmentation(=学習する画像を疑似的に増加させる手法)効果が報告されているRandAugment[12]手法を取り入れ、さらに診断対象に注目が向くように工夫したモデルで構築した。過学習の影響を極力排除し、学習画像と異なる圃場で撮影した実際に近い状況の評価において、一部を除き概ね80%以上の識別率を得ている。CNN型で開発し、公開作業中の全体、茎、茎断面、根の部位の識別器については準備が整い次第公開する。

4) 成果活用における留意点

今回、4作物の病害については主要なものについてのみ選定し識別器を構築したため、その他の病害については識別ができないことについて留意する必要がある。

5) 今後の課題

一部の病害については、識別精度が80%に満たないものもあったため、今後さらに精度を向上させる必要がある。現在、より精度の高い識別器の実現のため、CNN型とBB型双方のメリットを生かす、注目領域の検出と診断を分離した2段階の識別技術を開発し、その効果を確認している。引き続き開発を続け、よりよいモデルの公開を続けていく。また、実際の使用者の利便性を考慮し、部位を特定しなくても検索が可能なシステムを作成する必要がある。

<引用文献>

- [1] Katsumasa Suwa, Quan Huu Cap, Ryunosuke Kotani, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi, "A comparable study: Intrinsic difficulties of practical plant diagnosis from wide-angle images," *Proc. IEEE BigData2019*, pp. 5195-5201, Dec. 2019.
- [2] Huu Quan Cap, Katsumasa Suwa, Erika Fujita, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi, "An end-to-end practical plant disease diagnosis system for wide-angle cucumber images," *International Journal of Engineering & Technology*, vol. 7, no. 4.11, pp. 106-111, 2018.
- [3] Shogo Shibuya, Quan Huu Cap, Shunta Nagasawa, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi, "Validation of Prerequisites for Correct Performance Evaluation of

- Image-based Plant Disease Diagnosis using Reliable 221K Images Collected from Actual Fields,” *Proc. AAAI conference on artificial intelligence*, Feb. 2022 (accepted).
- [4] Takumi Saikawa, Quan Huu Cap, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi, “AOP: An Anti-overfitting Pretreatment for Practical Image-based Plant Diagnosis,” *Proc. IEEE BigData2019*, pp. 5177–5182, Dec. 2019.
- [5] 塩田大河、鍵和田聡、宇賀博之、彌富 仁、茎部に発生する植物病害自動診断装置の提案、*情報処理学会 第82回総合大会論文集*, pp.523–524, 2020年3月
- [6] Quan Huu Cap, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada and Hitoshi Iyatomi, “LeafGAN: An Effective Data Augmentation Method for Practical Plant Disease Diagnosis”, *IEEE Trans. Automation Science and Engineering*, Dec. 2020
- [7] Sato Kanno, Shunta Nagasawa, Quan Huu Cap, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi, “PPIG: Productive and Pathogenic Image Generation for Plant Disease Diagnosis,” *Proc. IEEE IECBES2020*, pp.554–559, Mar. 2021.
- [8] Raphaël Couturier, Hassan N. Noura, Ola Salman and Abderrahmane Sider, “A Deep Learning Object Detection Method for an Efficient Clusters Initialization, “ *arXiv pre-print*: 2104.13634.
- [9] Xintao Wang, Ke Yu, Shixiang Wu, Jinjin Gu, Yihao Liu, Chao Dong, Yu Qiao, Chen Change Loy, “ESRGAN: Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks, “ *Proc. ECCV workshop*, 2018.
- [10] Quan Huu Cap, Hiroki Tani, , Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga and Hitoshi Iyatomi, “LASSR: Effective Super-Resolution Method for Plant Disease Diagnosis”, *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106271,2021.
- [11] Mingxing Tan and Quoc Le, “EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks,” *Proc. ICML 2019*.
- [12] Ekin Dogus Cubuk, Barret Zoph, Jon Shlens and Quoc Le, “RandAugment: Practical Automated Data Augmentation with a Reduced Search Space, “ *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33 (NeurIPS), 2020.

小課題番号	7	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	7 害虫診断のための高精度人工知能の開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	(株) ノーザンシステムサービス・研究開発部・和山亮介		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

キュウリ、トマト、イチゴおよびナスの4作目の主要な虫害を、スマートフォンなどで写真を用いて診断ができる技術を開発することを目的とする。達成目標としては、主要虫害に対して平均8割程度を実現する。手法は次の通り行う。中課題1～5により得られた対象作物の画像を、AIを用いて虫害を判定する。識別器には、深層畳み込みニューラルネットワークを活用する。構築されたシステムについて、中課題1～5で行われる各県での実証試験からフィードバックを得る。また、ホコリダニなどの非常に微細な害虫の場合は画像による同定が難しいことが予想される。このため、害虫自体を検出するのではなく、食害痕等、植物体全体の特徴を使用する必要がある。さらに、害虫単体ではなく、それが媒介する形でのウイルス起因の病症等、画像からのみでは判別が難しい場合も考えられるため、同定に必要な付帯情報（気象情報、位置情報等）を学習時及び同定時に追加することにより、実環境下における精度の向上を目指す。

2) 研究方法

平成29年度はインターネット上の虫害画像を収集し、虫害識別モデルのプロトタイプを開発した。また、特定地点における実際の過去1年分の気象データを天気予報サイトより取得し、シーケンシャルなテキストの気象データ（気温、湿度、気圧）から多次元配列に変換する入力データ変換器を開発した。

平成30年度は微細害虫に関して既存CNNでは入力画像サイズの関係で識別が原理的に難しいため、注釈を用いたクリッピングによる物体認識手法を検証した。リサイズされた場合には微細害虫の特徴が失われるため、大きなサイズの画像を1024pxで分割し、特徴が損なわれないように前処理を行うことで微細害虫と生活痕に関して高い識別率を持つモデルを開発した。

平成31年度は注釈を用いた物体認識手法で虫害12クラスを検証したが葉全体に及ぶような食害痕等の広域特徴を持つ場合に精度が下がることが確認できたため、前景抽出をした上で画像識別を行う2段階識別を開発した。

令和2年度は2段階で識別することで精度が向上することが平成31年度の研究で判明したため、それぞれの精度を上げる手法を検討した。

まず、前景抽出機の精度向上としてマスク形状が正確に検知できるShapeMaskを検証したところ、未知の画像に関しても一定の検出性能が発揮できることを確認した。また、注釈を半自動生成する手法を確立し、注釈作業の大幅な簡略化を可能とした。

次に画像識別の精度向上に関して検討した結果下記の項目で効果があることが判明した。

1. 高解像度（1024px程度）、2. モデルの複雑性（B1→B6）、3. 被害程度0画像除外、

4. 作物によらずに共通特徴を持つ害虫種（コナジラミ等）を統合、5. 特徴が類似する害虫種別を統合（例：オンシツコナジラミ、タバココナジラミ→コナジラミ類）、6. 未成熟果実除外、7. 共通特徴をもつ害虫種で部位横断（葉と果実）。これらの精度向上手法をすべて適用した部位・作物横断学習を行い、AIが着目している領域を確認したところ視認しづらい産卵痕や食害痕の特徴もよくとらえており、判定根拠に一定の信頼がおける識別機平均分類精度86.7%の虫害識別機を開発した。

令和3年度は虫害識別機の構成は前年度と同様に前景抽出モデルと虫害識別モデルを組み合わせたものとした。前景抽出モデルについては、葉縁付近に存在する生活痕を背景と誤検知する例が多かったため、新規に撮影したデータの追加、不正確な抽出例の補正を行い、切り出し性能の向上を図った。虫害識別モデルについては、前年度のモデルの改良型を使い、初期病徴・微小害虫の検出性能が向上するかどうか検証した。また、転移学習元モデルや入力画像サイズが識別精度に与える影響を測定し、性能向上策を検討した。

3) 研究結果

平成29年度はInception-ResNet v2をベースモデルとし、病虫害画像データベースが作成途中のためインターネットから収集した画像で学習し平均識別率92%を達成した。また、上記識別機が画像中のどこに注目しているのか可視化した注目マップを出力し、どのような特徴を持った画像がどのような結果になるのかを分析し、害虫診断における知見を得た。

平成30年度はデータセットの作成方法を検討し、1種別当たり1,000枚以上の画像がない場合は精度がかなり低下することを確認した。また、微細害虫に関して注釈を用いたクリッピングによる物体認識手法であるMaskRCNNを用いてリサイズによる特徴損失を防ぐため画像を分割し、原寸大の画像で学習したところ、微細害虫及び生活痕の抽出における平均分類精度92.1%(IoU \geq 0.5、確信度 \geq 0.9)を達成し、微細害虫に関しては注釈を用いることで微細害虫および生活痕を十分に識別できることを確認した。

平成31年度は平成30年度で微細害虫に関して有効であることが判明した物体識別手法を検証したが、画像全体に及ぶ食害痕の精度が悪く、背景に関して食害痕であると誤認識が多いことを確認した。この結果から画像を分割した場合に広域の特徴をとらえきれなかったためと推測された。以上の検証から広域と詳細を両方一つの識別機で学習することは難しいことが予想され、広域識別機と詳細識別機に分けて2段階で識別する手法を検討した。前景除去モデル(UPSNet)と虫害分類モデル(EfficientNet)のモデルを組み合わせることで、虫害分類モデルを被害部位に注目させたところ平均精度89.4%を達成し、2段階識別が有効であることを確認した。

令和2年度は前景抽出機の精度向上手法により葉や果実の精細な形状切り出しと葉及び果実が複数映り込んでいる場合に、単体毎に抽出できる技術を確認した。また、注釈を半自動生成する手法を確認し、注釈作業の大幅な簡略化を達成した。これらの前景抽出機の精度向上により背景が存在しない学習データを使用して学習/推論時に都道府県の重複がないデータセットを用いてより実地に近い条件下においてキュウリ、イチゴ、ナス、トマトにおける14種に関して平均分類精度86.7%の識別率を持つ識別機を開発した。

令和3年度は、前景抽出モデルについてデータの追加や補正を行い、従来のモデルでは背景と誤検知されていた虫体や生活痕が、葉や果実などの一部として正しく検出されるようになったことを確認した。虫害識別モデルについては、従来型モデルと比べて改良型モデルのほうが初期病徴や微小害虫の検出性能が高いという結果が得られた。このモデルに

性能向上策を適用して、4作物3部位、合計47種の害虫で学習した結果、評価データでの平均識別精度83.1%の識別率を持つ識別機を開発した。

さらに、最終年度の研究で得られた識別器に評価データを加えて再学習し、テストデータ（各小課題において識別精度測定に用いた画像。学習・評価データとは異なる画像からなる）で成績評価を行ったところ、平均識別精度は90.7%であった。

なお、本小課題において開発した前景抽出器および虫害識別器の学習・評価プログラムは、オープンソースソフトウェアとしてインターネット上で公開している (<https://github.com/ai-pest/efficientnet>、<https://github.com/ai-pest/shapemask>)。

4) 成果活用における留意点

令和3年度までで達成している識別精度に関しては学習データには含まれない実地圃場における識別精度を算出しており十分な実用精度を達成している。しかしながら撮影方法の違いにより精度に影響があるため、新たに学習、推論する場合には病虫害画像データベースに登録されている撮影画像を参考にする必要がある。

5) 今後の課題

平均精度に関しては向上しているが、健全との見分けが難しい初期症状や微細なごみなどを誤検知する例があり、考慮する必要がある。

小課題番号	8	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	8 植物防疫行政用アプリケーションの開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	名古屋大学大学院生命農学研究科・植物病理学研究分野 ・竹本大吾		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

全国の病虫害発生状況を随時記録し、その情報を共有するシステムを構築する。病虫害発生情報を記録するアプリケーション、および病虫害発生データを集計・管理し、地図上で閲覧出来るアプリケーションの開発を行い、迅速な病虫害発生予察と合理的な防除対策の立案に利用可能な情報収集の基盤を整備する。情報収集アプリケーションを用いて蓄積したデータを汎用性の高いフォーマットで出力する機能を搭載することで、病虫害調査担当者による必要情報の抽出や、研究者による発生予察プログラムの開発を可能にする。

2) 研究方法

本小課題では、上記の研究目的を達成するため、(1)病虫害発生情報を収集するアプリケーションの開発(平成29-令和2年度)、(2)病虫害発生情報を管理・閲覧するアプリケーションの開発(平成29-令和2年度)、および(3)病虫害発生情報の入力および出力機能の開発(平成29-令和3年度)に取り組んだ。(1)の課題では、病虫害防除所の発生予察調査と連携して、病虫害発生程度、発生地点、時期等の情報を入力・収集するアプリケーションの開発を行った。愛知県病虫害防除所と共同で、タブレット端末を用いて病虫害被害の画像、発生地点、被害程度、などのデータを収集するアプリケーションのデザインと開発を行い、現行の発生予察調査に準拠し、調査の自動・簡便化を目的として開発を進めた。(2)の課題では、(1)で開発した病虫害発生情報用アプリケーションと連動して、病虫害防除所で得られた病虫害発生データを一括管理し、地図上で閲覧出来るWebアプリケーションの開発を進めた。各県の病虫害防除所で収集した情報を、該当の県内で集計・閲覧し、得られた情報が現場で使いやすい形で出力できる機能の搭載を行った。(3)の課題では、(1)および(2)で開発した情報収集アプリケーションで得られた情報を活用するため、収集した調査結果を集計する機能、病害発生情報を位置情報や気象情報とリンクさせ必要情報を出力する機能の開発を行った。蓄積したデータを発生予察プログラムの開発に活用することを可能とするため、収集した病虫害発生情報、発生地点の気象状況等を機械学習で用いることのできる汎用性の高いフォーマットで出力する機能を開発した。

3) 研究結果

(1)病虫害発生情報を収集するアプリケーションの開発を行い、ログイン機能(ユーザー認証、情報へのアクセス制限など)、調査設定機能(位置情報取得、地図表示-写真-Map切替)、調査結果入力機能(野帳書式対応)、病虫害の写真撮影機能、調査結果閲覧機能(調査結果数値、写真)、病虫害参考画像閲覧機能、ユーザーヘルプ機能などを搭載し

たアプリケーションを完成した（図1）。また（2）病虫害発生情報を管理・閲覧するためのWebアプリケーションの開発を行い、ログイン機能（ユーザー認証、情報へのアクセス制限など）、設定機能（調査地点、対象植物および病虫害、調査員、調査野帳フォーマット）、モニタリング機能（病虫害発生データ地図表示、病虫害発生データ詳細表示、気象データ連携）、病害画像閲覧機能、調査結果データ閲覧機能（調査結果グラフ表示、CSVファイルデータエクスポート、過去の発生履歴の表示、調査結果との比較）などを搭載したアプリケーションを完成した（図1）。（3）病虫害発生情報の入力および出力機能の開発では、過去の病虫害調査のデータをアプリケーションに取り込む機能、過去データを気象情報と連携させ、機械学習に活用できるフォーマットで出力する機能を開発した。アプリケーションの開発は、平成29-30年度に主にアプリケーションのデザイン、モック版およびプロトタイプを作成と試用をおこない、令和元-2年度には主にアプリケーションの機能を完成させ、公開用の配布マニュアルを作成した。また平成29-令和3年度に病虫害発生情報の入力および出力機能、機械学習用フォーマットへの変換機能の開発を行った。

本研究で開発した病虫害発生情報を収集するモバイル端末のアプリケーション、および病虫害発生情報を管理・閲覧するためのWebアプリケーションは、農水省 植物防疫課への譲渡することで公開を行った。

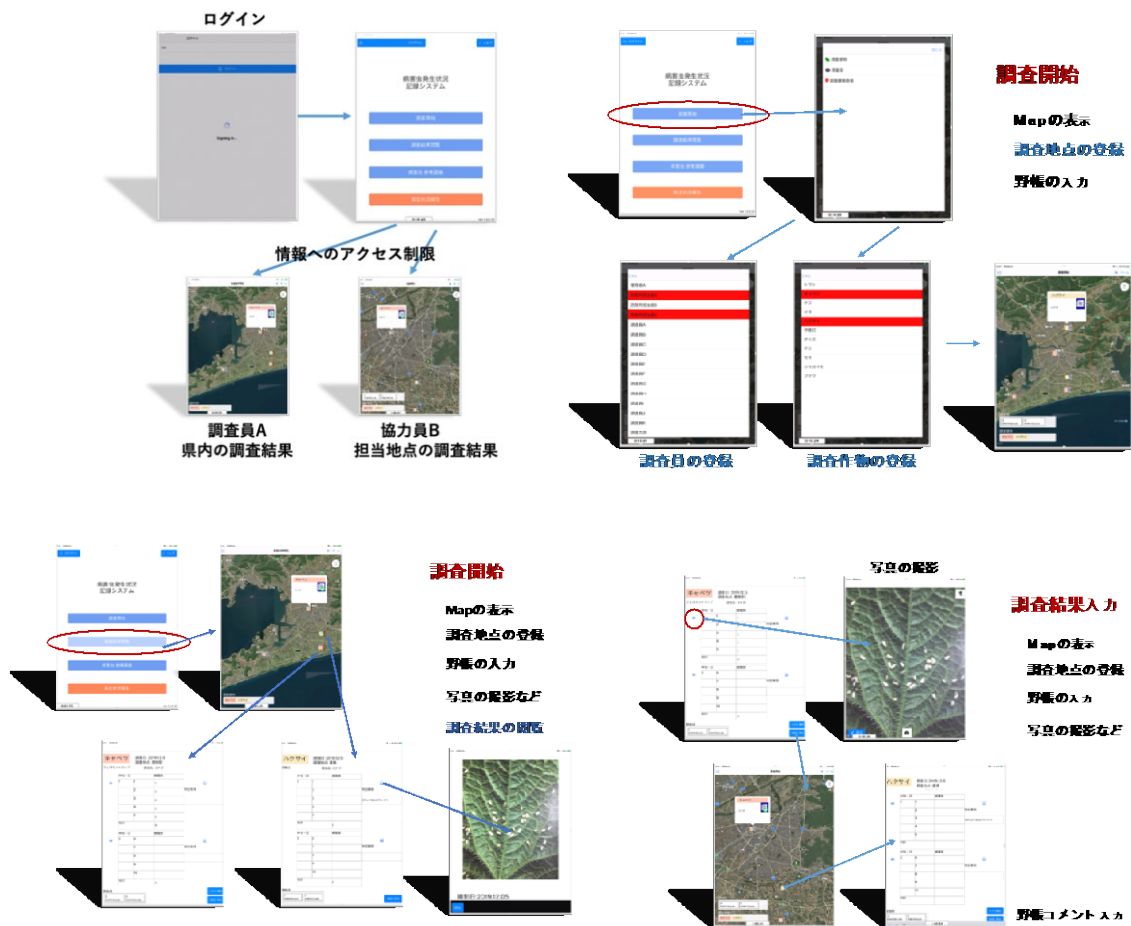


図1. 病虫害発生情報を収集するモバイル端末のアプリケーションの機能例

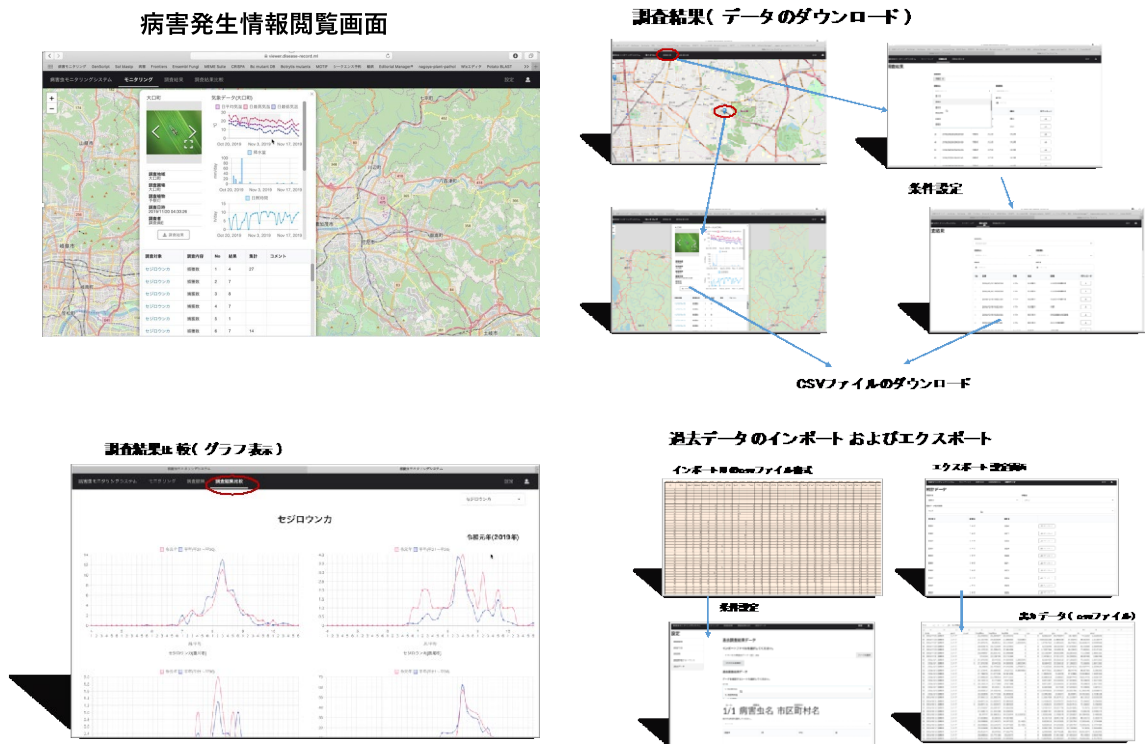


図2. 病虫害発生情報を管理・閲覧するためのWebアプリケーションの機能例

4) 成果活用における留意点

本小課題で開発したアプリケーションは、農水省植物防疫課へと譲渡するかたちで公開した。今後、農水省植物防疫課で開発したアプリケーションと統合する形で活用される計画である。

5) 今後の課題

本小課題では、病虫害発生状況を記録し、共有するシステムとして、病虫害発生情報を収集するモバイル端末のアプリケーション、および病虫害発生情報を管理・閲覧するためのWebアプリケーションの開発を行い、農水省植物防疫課への譲渡することで公開した。今後、開発したアプリケーションの機能が広く有効活用されるためには、全国の病虫害防除所での試用を重ね、現場で求められる機能を必要十分に備えた汎用アプリケーションに洗練させていく必要がある。また、本小課題では病虫害調査記録に気象情報を付与し、機械学習によって発生予察プログラムを開発するための基盤となるパイプラインを確立した。しかし、より有効な発生予察プログラムの開発には全国の病虫害発生情報を活用することが不可欠である。しかし過去に行われた各県の病虫害調査の評価方法が多様であるため、提供を受けたデータを本課題で開発したプログラムにより用いられるフォーマットに変換する対応が必要である。本小課題で開発した病虫害発生情報を収集するアプリケーションが広く普及されれば、全国での病虫害調査の評価方法が画一化され、得られたデータを一律に利用することが容易になると期待される。

小課題番号	9	小課題 研究期間	平成31～令和3年度
小課題名	9. 民生用アプリケーションの開発		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	日本農薬株式会社経営企画本部経営企画部経営企画グループ 岡田 敦		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

スマートフォンの画面上でAI診断機能および診断結果に対して有効な農薬情報提供を行うアプリケーションを構築する。農環研のAI画像サーバの持つ病害虫画像データ情報と接続し、使用者により直接病害虫を比較し同定できるようにし、害虫が同定された後の利用者へのアクション提案につなげられるようにする

2) 研究方法

実行課題を(1) 農薬情報データベースの構築および更新、(2) 認証機能の開発、(3) 携帯端末用の開発 の3つに分け、各実行課題間で連携をとりながら1つの民生用アプリケーション向けシステムとして構築する方法とした。期間前半ではAndroid, iOSそれぞれで動作可能なアプリケーションを開発し、その後Web上でも動作可能なクロスプラットフォーム版へ発展させることとした。その際、利用者へのアンケート調査を行い改善要望を仕様へ反映させることにより、より実用性の高いアプリケーションを目指す。また、研究成果を活かし、アプリケーションを社会実装するための方式についての検討も開発と並行して実施する。

3) 研究結果

研究期間前半では、Android, iOSそれぞれで動作可能なスマートフォン向けアプリケーションを開発し、実際に現場で利用してもらうことによりフィードバックを受けた。また、バウンディングボックスの追加など、研究期間中に発生した識別器の改良についても、アプリケーションで機能を提供できるよう他小課題と連携し機能改修を実施した。

スマートフォンアプリケーションとしてのみではなく、Webやタブレットでの利用要望があったことを受け、令和2年度にはクロスプラットフォーム版の開発を実施した。その際、GoogleFormを利用した現場アンケートを実施し、意見要望を仕様へ反映させた。また、得られた意見要望や現場での活用にあたっての課題等は、それぞれのもも今後の病害虫診断アプリケーション改善にとって有用なものであり、研究成果である。

最終年度である令和3年度は、利用者要望を受けた機能改修の他、社会実装に向けた具体的検討を進め、エンドユーザが本研究の成果を用いて作成したAI病害虫識別機能を利用可能な状態とするための準備を実施中である。

4) 成果活用における留意点

本研究の成果は、日本農薬社提供の「レイミーのAI病害虫雑草診断」アプリケーションにて、令和3年度中に対象4作物の病害虫診断機能を実装し公開する形で活用する。機能

公開にあたっては、研究目的で追加した正解情報送信機能をはじめとした複数の仕様は反映しないものとしている。それらも含めた本アプリケーションそのものの基本仕様部分については小課題10のWAGRI版サンプルアプリとして引き継がれる他、認証機能や農薬提案部分を除いたRaspberry Pi上で動作するクライアントアプリケーションとして配布可能な形式とする見込みである。

5) 今後の課題

利用者アンケートで得られた意見要望の中には、研究期間内で実現することが難しく断念した要望もあった。農業従事者向けのアプリケーションは利用場面や利用者の特性等に特化した仕様が求められるものであり、継続的に利用者からのフィードバックを得てアプリケーションの改善を行う仕組みづくりが課題の一つだと認識している。

本小課題で作成したアプリケーションの仕様として、民生用アプリケーションの公開に際して反映しきれていない仕様もあるため、アンケートからの意見要望も含めて今後の改善に活かしていく。

小課題番号	10	小課題 研究期間	平成29～令和3年度
小課題名	10. 病害虫データを例とした農業データアグリゲーションスキームの構築		
小課題 代表研究機関・研究室・研究者名	農研機構・農業情報研究センター・AI研究推進室・山中武彦		

II. 小課題ごとの研究目的等

1) 研究目的

WAGRIを核として、事業終了後も継続的に病害虫データが集積する仕組みを創出し、病害虫診断AIの対象拡大等のさらなる高機能化を図る。これをモデルケースとして提示することで、WAGRIを通じた多様な農業データの利活用を促進する。

2) 研究方法

病害虫のAI画像診断システムの開発が急務ではあるが、このようなAIの高度化のためには大量のデータが必要とされ、限られた病害虫の専門家だけでは対応が難しい。

そこで、本小課題では、

1. 病害虫画像識別器と発生モデルを組み合わせたデータ判別エンジン等の開発
2. 病害虫画像等のデータ収集を実証するアプリケーションの開発
3. 病害虫画像等の持続的収集に対応したデータベースの整備および各種モジュール等の開発を実施し、農業分野におけるデータアグリゲーションの実証を行う。

このうち、2019年度は、追加10作目病虫害判別器開発に必要な大量の学習用画像を収集する。これに加えて判別器の開発や公開に必要な、サーバ環境、データベース基盤を整備する。2020年度は、追加10作目判別器に必要な画像収集を継続し、判別器開発をすすめる。さらに、農林水産省有害動植物発生予察事業で集積された病虫害データを基に、病虫害発生予測モデルを構築し、元施策4作目画像判別器に統合することを検討する。また、元施策4作目のWAGRI-APIと、APIをWAGRIから接続するデモアプリの試験公開を開始する。2021年度は、PRISM追加10作目判別器を順次公開し、民間業者のサービスインを促して一連のデータアグリゲーションを試行する。これにより、農業データアグリゲーションの社会実装を実現する。

3) 研究結果

PRISM追加10作目（ジャガイモ・タマネギ・ピーマン・エダマメ・カボチャ・ブドウ・モモ・キク・ラナンキュラス・トルコギキョウ）の約70病虫害対象について、学習用画像収集を行うのと同時に、自然発生する病虫害を記録した検証用画像収集を行った（図1）。検証用画像については、元施策作目を含めて収集を行った。一部、COVID-19蔓延による出張規制の影響で十分な枚数が撮影できなかった作目（トルコギキョウ・ラナンキュラス）があったが、概ね予定通り画像収集できた。その結果、農研機構が単独で使える追加10作目の学習用画像13万枚以上を取得した。また、6千枚以上の検証用画像を収集した。

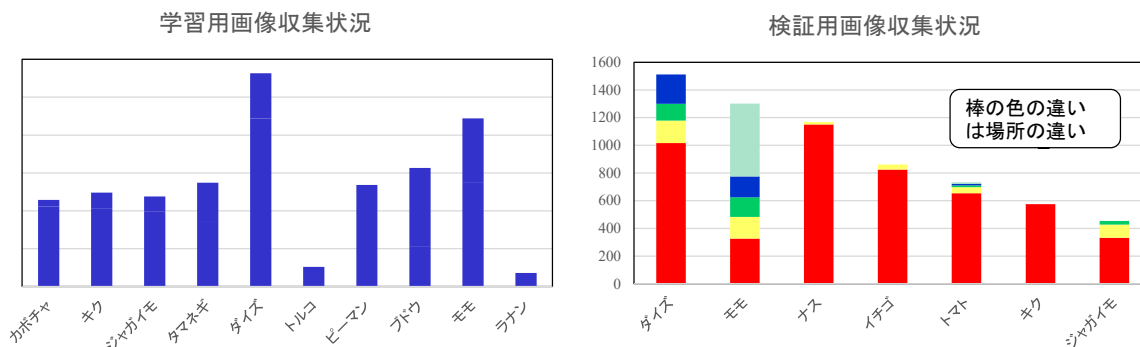


図1. 学習用画像・検証用画像収集状況（2022年1月現在）

上記学習用画像を元にトルコギキョウ・ラナンキュラスを除く8作目について、深層学習アーキテクチャCNN-VGG16を使って画像判別器を構築したところ、10分割交差検証法による検証精度が概ね9割を超える判別器開発に成功した（図2）。

モデル	判定カテゴリ数	学習画像枚数	精度*	判別器作成者
ジャガイモ-病虫害-葉表	5 病虫害 (ナストビハムシ、オオニジュウヤホシテントウ、夏疫病、疫病、モザイク病 (PVY))	1.0万枚	96.5%	ハバラガムワ (山中代行)
ピーマン-病虫害-葉表+裏	6 病虫害 (ミカンキイロアザミウマ、斑点病、うどんこ病、モザイク病 (PMMoV)、えそ病 (TSIW)、黒枯病)	1.3万枚	94.7%	山中
カボチャ-病虫害-葉表	6 病虫害 (ワリハムシ、ハモグリハエ類、うどんこ病、モザイク病 (CMV・WMV・ZYMV))	1.2万枚	88.9%	吉田め
ブドウ-病虫害-汎用	3 病虫害 (根頭がんしゅ病、べと病、褐斑病)	0.3万枚	97.9%	川口
モモ-病虫害-葉表	4 病虫害 (カンザウハダニ、せん孔細菌病、生理障害、薬害 (葉斑を含む))	1.3万枚	95.7%	川口
タマネギ-病虫害-葉表	4 病虫害 (ネギコガ、ネギアザミウマ、ネギハモグリハエ、べと病)	0.8万枚	98.3%	桂樹
キク-病虫害-葉表+裏	3 病虫害 (ミカンキイロアザミウマ、えそ病 (TSIW)、白さび病)	1.0万枚	98.6%	松下
ダイズ-病虫害-葉表	11 病虫害 (ダイスクロハモグリハエ、フタスジヒメハムシ、ハダニ類、ハスモンヨトウ、コガネムシ類、ウコンノメイガ、べと病、褐斑病、黒根腐れ病、モザイク病、細菌性病害)	2.2万枚	91.6%	越智

図2. 追加10作目判別器の開発状況（2022年1月現在）。精度は学習用画像による10分割交差検証法を使って算出した

さらに、元施策4作目（トマト・キュウリ・イチゴ・ナス）を対象に、都道府県発生予察事業の現況報告データを基に病虫害発生予測モデルを構築し、画像AI判別器と組み合わせて統合判定結果を返す統合モデルを開発した。この統合モデルでは、開発初期段階などで画像AI判別器の判別精度が高くないとき、病虫害発生予測モデルの推定結果を両方組み合わせて重みづけをして判定を下すため、画像AI判別器の判定対象に含まれていない病虫害についても結果を返すことができる（図3、4）。そのため開発初期段階などで画像AI判別器の対象が少ない時でも、現況報告で記録がある病虫害については、精度が低いながら判定することができる。

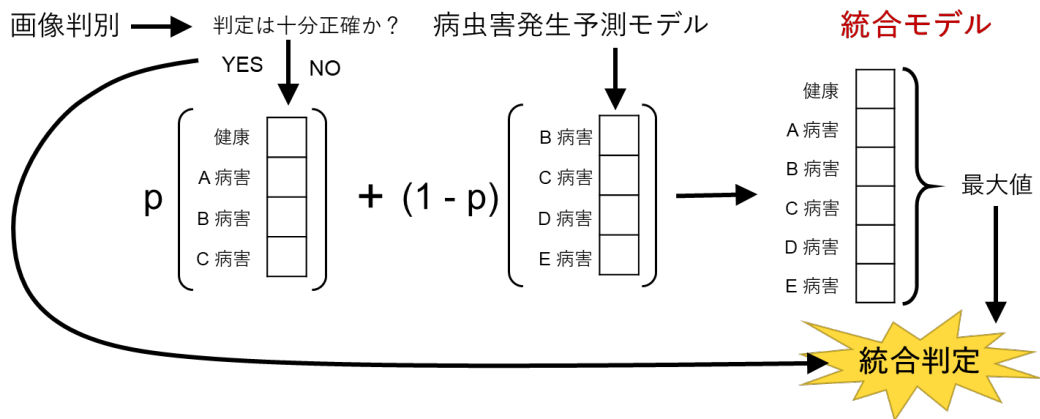


図3. 統合モデルの構造.

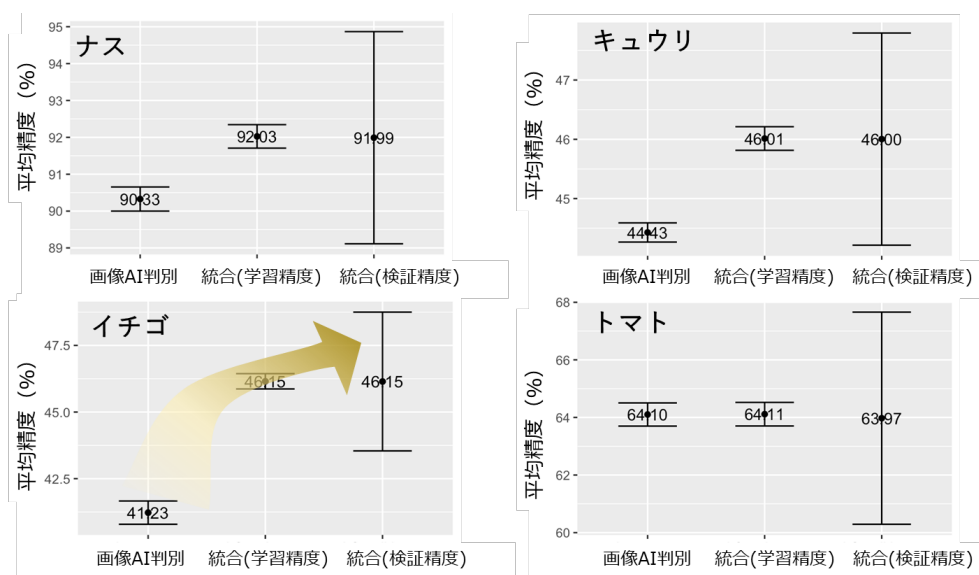


図4. 統合モデルにより最大5ポイントほどの精度向上が見られた (検証精度は交差検証法により計算)

ダイズ・モモ・キクについては、収集された検証用画像を使って実運用精度の検証を行う。またナス・イチゴ・トマト・ダイズ・モモ・キクについては、統合モデルの精度検証を行う。

2021年3月にプレスリリース「AI病虫害画像診断システムをWAGRIで提供開始」を行い、元施策4作目判別器を中心にWAGRIから民間事業者向けに無償公開を開始した。2022年度中に追加10作目の判別器と統合した「農研機構AI病虫害画像診断WAGRI-API」として商用利用可能なAPIとして整備を進め、民間事業者積極的にサービスイン要請を行う。これまで5つの民間事業者がAPIの利用を開始しており、2社が利用の検討を行っている。

2021年3月にプレスリリースにあわせて、WAGRI-APIと接続してiPhoneもしくはAndroid端末で利用可能なデモアプリを公開している (図5)。デモアプリについては、6つの民間事業者と8つの地域農協が試験利用してシステムの評価を行っている。デモアプリを通じて民間事業者や地域農協と連携するICTベンダーにWAGRI-APIの利用を促している。



図5. デモアプリの開発状況. 10作物目判別器追加に対応. また判別結果に対しては基本情報が付与される (病虫害情報については本プロジェクトとは別に国際競争力プロで開発中)

データアグリゲーションを実現するためには、病虫害画像を含む種々なデータを持続的に収集するためのストレージが必要であるため、農研機構内にペタバイト級の容量を確保できる農研機構統合DBを構築した。農研機構統合DBに格納された種々のデータからいくつかの重要データを選択し、データ間の関係性に基づいたグラフ解析を実行できるデータベース群、効率的な機械学習を可能にするAIスーパーコンピューター（紫峰）、AIクラスターを整備した。さらにWAGRI-APIとして公開するための公開用サーバ、認証システム、ファイアーウォールなどを構築した（図6）。

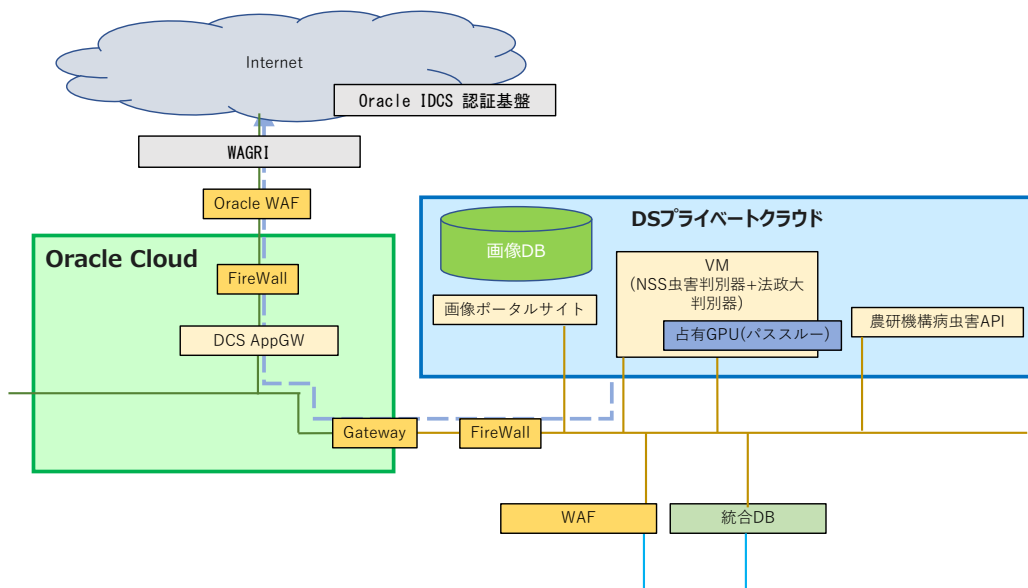


図6. 継続的なデータアグリゲーションを実現するために構築された農研機構内データベース群、公開用サーバ、認証システム、ファイアーウォール

これらのDB、計算機リソースと連動する「収集画像集計ポータルサイト」を運営し10作物目の病虫害画像の管理を実践した（図7）。収集画像集計ポータルサイトは、農研機構内

職員が画像を自由に閲覧、抽出して柔軟に機械学習に利用できるだけでなく、画像収集を実施した都道府県担当者もログイン認証によってポータルサイト内の収集状況や画像サムネイルを閲覧できるように設計されている。

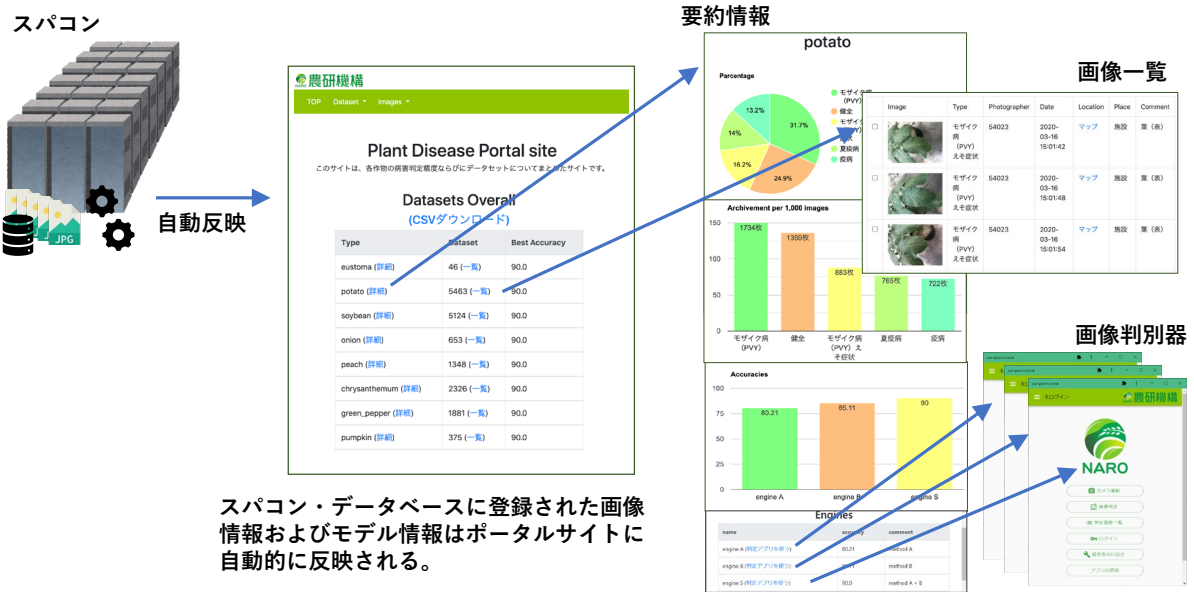


図7. 収集画像集計ポータルサイト

さらに、AI病虫害画像診断データアグリゲーション管理システム（NARO-ADAMS）を構築し、一般から広くクラウドワーカーを募集して教育し、教師のついていない画像に対してアノテーション作業を行うためのクラウドソーシング実行環境を整えた（図8）。研究担当者が作成したインストラクションPDFを基に、一般のクラウドワーカーが病虫害画像のアノテーション作業を行い、一定数の作業後、研究担当者がチェックを行う。これにより大量のアノテーション作業が効率化される。さらに、デモアプリから送られてくる正解付病虫害画像による検証作業と組み合わせることで、データアグリゲーションスキームの実証が可能となった。



図8. クラウドツールを活用したデータクレンジングと検証の仕組み

4) 成果活用における留意点

本課題で開発されたWAGRI-APIは、B-B-Cモデルを基本とし、農業サービスを展開する民間事業者向けAPIとして提供される。農業現場における実際の病虫害判別サービスの展開は、サービスインする民間事業者に委ねられており、本コンソーシアムもしくは農研機構から、エンドユーザ向けのサービス展開の実施を予定していない。また、APIの精度評価用のデモアプリの公開と利用はプロジェクト実施期間内のみに限定される。

5) 今後の課題

令和3年度末に10作目中8作目で判別器開発が完了する予定だが、一部作目（トルコギキョウ・ラナンキュラス）については令和4年度以降に開発が持ち越される見込みである。

<引用文献>

山中武彦、孫建強、岸茂樹「病虫害診断装置、病虫害診断方法、病虫害診断プログラム、モデル生成装置、モデル生成方法、及びモデル生成プログラム(特願2020-207867)」

Ⅲ 研究成果一覧【公表可】

個別課題番号 17935051

課題名 AIを活用した病害虫診断技術の開発

成果等の集計数

課題番号	学術論文		学会等発表(口頭またはポスター)		出版図書	国内特許権等		国際特許権等		PCT	報道件数	普及しうる成果	発表会の主催(シンポジウム・セミナー)	アウトリーチ活動
	和文	欧文	国内	国際		出願	取得	出願	取得					
17935051	5	11	30	8	9	0	1	0	0	0	17	5	8	26

(1)学術論文

区分:①原著論文、②その他論文

整理番号	区分	タイトル	著者	機関名	掲載誌	掲載論文のDOI	発行年	発行月	巻(号)	掲載ページ
1	①	A Deep Learning Approach for on-site Plant Leaf Detection	Quan Huu Cap, Katsumasa Suwa, Erika Fujita, Satoshi	法政大学、埼玉県埼玉県農業技術研究センター	Proc. IEEE Signal Processing and its Applications (IEEE CSPA 2018)		2018	3		118-122
2	①	Practical plant diagnosis system for field leaf images and feature visualization	Fujita E., et al.	法政大学・埼玉県	International Journal of Engineering & Technology	10.14419/ijet.v7i4.11.20687	2018	10	7 (4.11)	49-54
3	①	An end-to-end practical plant disease diagnosis system for wide-angle cucumber images	Cap HQ., et al.	法政大学・埼玉県	International Journal of Engineering & Technology	10.14419/ijet.v7i4.11.20784	2018	10	7 (4.11)	106-111
4	②	植物病害自動診断技術の動向と課題	彌富 仁	法政大学	日本神経回路学会誌	in press	2019	12	26 (4)	in press
5	②	深層学習を用いた病害虫識別技術の開発	岩崎亘典	農研機構農業環境変動研究センター	植物防疫	なし	2019	6	76 (6)	374-380
6	①	New record of Cophinopoda chinensis (Diptera: Asilidae) from the Miyako Islands, the Ryukyus	Yamasako J, Kuroda K	農研機構、愛媛大学	Fauna Ryukyuna	なし	2020	10	57	13-15
7	①	農業環境変動研究センター所蔵の外国産ミバエ科(昆虫綱:ハエ目)標本目録	山迫淳介、末吉昌宏	農研機構、森林総合研究所	農研機構研究報告	10.24514/00004775	2020	11	5	21-30
8	①	Leptogaster humeralis (Hsia, 1949) (Diptera: Asilidae: Leptogasterinae) New to Japan	Yamasako J, Kuroda K	農研機構、愛媛大学	Japanese Journal of Systematic Entomology	なし	2020	12	26 (2)	344-347

9	①	LeafGAN: An Effective Data Augmentation Method for Practical Plant Disease Diagnosis	Quan Huu Cap, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada and Hitoshi Iyatomi	法政大学、埼玉県	IEEE Trans. on Automation Science and Engineering	10.1109/TASE.2020.3041499	2020	12		1-10
10	②	LASSR: Effective Super-Resolution Method for Plant Disease Diagnosis	Quan Huu Cap, Hiroki Tani, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi	法政大学、埼玉県	ArXiv pre-print (https://arxiv.org/abs/2010.06499)	なし	2020	10		
11	①	LASSR: Effective super-resolution method for plant disease diagnosis	Quan Huu Cap, Hiroki Tani, , Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga and Hitoshi Iyatomi	法政大学、埼玉県	Computers and Electronics in Agriculture	10.1016/j.compag.2021.106271	2021	8	187	106271
12	②	Validation of Prerequisites for Correct Performance Evaluation of Image-based Plant Disease Diagnosis using Reliable 221K Images Collected from Actual Fields	Shogo Shibuya, Quan Huu Cap, Shunta Nagasawa, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi	法政大学、埼玉県	Proceedings of the AAAI conference on Artificial Intelligence	accepted	2022	2		
13	①	Model-based forecasting of twig cankers incidence of bacterial spot of peach in Fukushima Prefecture	川口 章・七海隆之	農研機構・福島県	Journal of General Plant Pathology	doi: 10.1007/s10327-021-01032-7	2021	9	88	41-47
14	①	Model-based forecasting of bacterial black node of barley by hierarchical Bayesian model	川口 章	農研機構	Journal of General Plant Pathology	doi:10.1007/s10327-021-01035-4	2021	9	88	48-54
15	②	Achieving Explainability for Plant Disease Classification with Disentangled Variational Autoencoders	HABARAGAMUWA Harshana, OISHI Yu, TANAKA Kenichi	農研機構	arxiv.org		2021	10		arXiv:2102.03082
16	②	深層学習を用いた病害虫識別アプリの開発	岩崎巨典, 山中武彦, 鍵和田 聡, 彌富 仁, 和山亮介, 下城洋人	農研機構、法政大学、ノーザンシステムサービス、NTTデータCCS	光技術コンタクト		2021	8	59(8)	4-13
17	②	深層学習による病害虫画像識別技術の開発と将来展望	岩崎巨典	農業環境	植物防疫		2021	12	75(12)	652-658

(2)学会等発表(口頭またはポスター)

整理番号	タイトル	発表者名	機関名	学会等名	発行年	発行月
1	A basic study on leaves detection with deep learning features	Huu Quan CAP, Erika Fujita, Katsumasa Suwa, Satoshi Kagiwada, Hiroyuki Uga, and Hitoshi Iyatomi	法政大学、埼玉県埼玉県農業技術研究センター	第16回情報科学技術フォーラム	2017	8
2	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	犀川 巧、藤田恵梨香、鍵和田聡、宇賀博之、彌富仁	法政大学、埼玉県埼玉県農業技術研究センター	電子情報通信学会総合大会	2018	3
3	複合感染の可能な植物病害自動診断システムの試み	谷洋樹、藤田恵梨香、鍵和田聡、宇賀博之、彌富仁	法政大学、埼玉県埼玉県農業技術研究センター	電子情報通信学会総合大会	2018	3
4	Super-Resolution for Practical Automated Plant Disease Diagnosis System	Cap HQ., et al.	法政大学・埼玉県	Proc. Conference on Information Sciences and Systems (CISS2019)	2019	3
5	Diagnosis of Multiple Infections of Cucumber with Convolutional Neural Networks	Tani H., et al.	法政大学・埼玉県	Proc. IEEE Applied Imagery Pattern Recognition (IEEE AIPR 2018)	2018	10
6	Practical plant diagnosis system for field leaf images and feature visualization	Fujita E., et al.	法政大学・埼玉県	Proc. International Symposium on Computational Intelligence and Application (ISCIA2018)	2018	7
7	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	田邊ら	法政大学・埼玉県	第81回情報処理学会全国大会	2019	3
8	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	小田桐ら	法政大学・埼玉県	第81回情報処理学会全国大会	2019	3
9	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	菅野ら	法政大学・埼玉県	第81回情報処理学会全国大会	2019	3
10	深層学習器を用いた植物病害の画像診断システムの開発と評価	小池ら	法政大学・埼玉県	平成31年度日本植物病理学会大会	2019	3
11	研究機関からの話題提供「AIを活用した病害虫早期診断技術の開発」	堀川拓未	新潟県農業総合研究所園芸研究センター	園芸作物病害虫防除検討会(野菜部門)新潟県病害虫防除	2019	1
12	農業にSociety 5.0やAIって必要なの？	岩崎亘典	農研機構農業環境変動研究センター	Tsukuba Global Science Week	2018	8
13	画像解析を利用した病害虫の同定	岩崎亘典	農研機構農業環境変動研究センター	(社)日本植物防疫協会シンポジウム「スマート農業時代の植物防疫を考える」	2019	1
14	AOP: An Anti-overfitting Pretreatment Method for Practical Image-based Plant Diagnosis	Saikawa T, Kagiwada S, Uga H, and Iyatomi H.	法政大学、埼玉県	IEEE BigData2019	2019	12
15	A comparable study: Intrinsic difficulties of practical plant diagnosis from wide-angle images	Suwa K, Cap HQ, Kotani R, Uga H, Kagiwada S, and Iyatomi H.	法政大学、埼玉県	IEEE BigData2019	2019	12

16	Super-resolution for practical automated plant disease diagnosis system	Cap HQ, Tani H, Uga H, Kagiwada S, and Iyatomi H.	法政大学、埼玉県	IEEE BigData2019	2019	12
17	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	菅野怜、長澤駿太、鍵和田聡、宇賀博之、彌富仁	法政大学、埼玉県	情報処理学会	2020	3
18	同一被写体の多様性に対する制約variational lossの提案	小田桐海翔、鍵和田聡、宇賀博之、彌富仁	法政大学、埼玉県	情報処理学会	2020	3
19	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	澁谷将吾、鍵和田聡、宇賀博之、彌富仁	法政大学、埼玉県	情報処理学会	2020	3
20	茎部に発生する植物病害自動診断装置の提案	塩田大河、鍵和田聡、宇賀博之、彌富仁	法政大学、埼玉県	情報処理学会	2020	3
21	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	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	法政大学、埼玉県	植物病理学会	2020	3
22	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	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	法政大学、埼玉県	植物病理学会	2020	3
23	病虫害発生を記録するアプリケーションの開発	竹本大吾	名古屋大学	東海植物病理学研究会	2019	12
24	深層学習を用いたトマト葉上のコナジラミ類成虫の識別	亀井幹夫	広島県立総合技術研究所農業技術センター	第65回日本応用動物昆虫学会大会	2021	3
25	トマト退緑ウイルスが感染するとトマトの果実収量は減収する	上田重文・寺見文宏	農研機構野菜花き研究部門	令和3年度日本植物病理学会大会	2021	3
26	PPIG: Productive and Pathogenic Image Generation for Plant Disease Diagnosis	Satoi Kanno, Shunta Nagasawa, Quan Huu Cap, Hiroyuki Uga, Satoshi Kagiwada, and Hitoshi Iyatomi	法政大学、埼玉県	IEEE EMBS Conferences on Biomedical Engineering and Science	2021	3
27	果実に対する頑健な植物病害自動診断システム開発の試み	土方 悠、鍵和田聡、彌富仁	法政大学	情報処理学会 第83回全国大会	2021	3
28	植物病害画像診断における技術的課題と進捗	彌富 仁	法政大学	インベントリー研究会	2020	11
29	深層学習を用いたトマト葉上のコナジラミ類成虫の識別	亀井幹夫	広島県立総合技術研究所農業技術センター	第65回日本応用動物昆虫学会大会	2021	3
30	AIによる病害画像診断と将来展望	鍵和田聡	法政大学	JICAブラッシュアップ研修	2021	7
31	AIを活用した病害虫画像診断技術の開発	鍵和田聡	法政大学	植物病理学会関東部会	2021	9
32	AIを活用した病害虫の自動診断	彌富仁	法政大学	公益財団法人報農会第36回シンポジウム	2021	9
33	実践的な植物病害自動診断のための画像生成技術	彌富仁	法政大学	粉体工学会 2021年度秋期研究発表会	2021	10
34	機械学習技術を用いた画像に基づく植物病自動診断の実際	彌富仁、鍵和田聡	法政大学	農研機構シンポジウム	2021	11
35	複数部位の画像を用いた実践的な植物病自動診断システムの提案と課題	伊藤大貴、澁谷将吾、鍵和田聡、彌富 仁	法政大学	情報処理学会第84回全国大会	2022	3

36	物体検出・認識技術を効果的に組み合わせた2段階の植物病害診断法の検討	岩野滉平, 澁谷将吾, 鍵和田聡, 彌富 仁	法政大学	情報処理学会第84回全国大会	2022	3
37	Explainable Plant Disease Classification with Variational Autoencoder	HABARAGAMUWA Harshana, OISHI Yu, TANAKA Kenichi	農研機構	第79回農業食料工学会年次大会	2021	9
38	Integrating AI-based image diagnosis of pest damages and model prediction of pest occurrences	Shigeki KISHI, Jianqiang SUN, Akira KAWAGUCHI, Sunao OCHI, Megumi	農研機構	NARO-FFTC International Symposium 2021	2021	9

(3) 出版図書

区分: ①出版著書、②雑誌(学術論文に記載したものを除く、重複記載をしない。)、③年報、④広報誌、⑤その他

整理番号	区分	著書名(タイトル)	著者名	機関名	出版社	発行年	発行月
1	④	にいがた植防だより第152号(AIを活用した病害虫診断について)	宮嶋一郎	新潟県農業総合研究所園芸研究センター	新潟県植物防疫協会	2019	1
2	①	ハモグリバエ 防除ハンドブック: 6種を見分けるフローチャート付	徳丸 晋	京都府農林水産技術センター	農山漁村文化協会	2018	7
3	④	「ながの植物防疫」2020年1月号 (AIを活用した病害虫診断技術開発への取り組み)	金子政夫、古田岳	長野県野菜花き試験場	(一社)長野県植物防疫協会	2020	1
4	④	AIを活用した病害虫識別技術の開発と今後の展望	岩崎亘典	農研機構	植物防疫所	2020	11
5	④	研究情報「AIによるイチゴ病害虫の診断」	伊代住浩幸	静岡県農林技術研究所	研究所HP http://www.agri-exp.pref.shizuoka.jp/news00064.html	2021	6
6	⑤	愛知県植物防疫協会60周年記念誌	内田祐太	愛知県		2022	10月頃
7	④	園研ニュース Vol.16(スマート農業技術の確立にむけた取り組み AIを活用した病害虫早期診断技術の開発)	金城雄司他	富山県農林水産総合技術センター園芸研究所		2021	8
8	④	農研ニュース Vol.33(スマート農業への取組み AIを活用した病害虫早期診断技術の開発)	向井 環他	富山県農林水産総合技術センター農業研究所		2022	1
9	④	判断の根拠を説明できるAIを開発 一生産者も納得の病害虫診断に活用一	大石優・ハルシナ・ハバラガムワ	農研機構	農研機構2021環境報告書	2021	8

(4) 国内特許権等

区分:①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日
1	②	病虫害診断装置、病虫害診断方法、病虫害診断プログラム、モデル生成装置、モデル生成方法、及びモデル生成プログラム	山中武彦、孫建強、岸茂樹	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	特願2020-207867	2020/12/15	

(5) 国際特許権等

区分:①育成者権、②特許権、③実用新案権、④意匠権、⑤回路配置利用権

整理番号	区分	特許権等の名称	発明者	権利者 (出願人等)	機関名	出願番号	出願年月日	取得年月日	出願国
		該当無し							

(6) 報道等

区分:①プレスリリース、②新聞記事、③テレビ放映、④その他

整理番号	区分	記事等の名称	機関名	掲載紙・放送社名等	掲載年月日	備考
1	②	キュウリ病虫害AI診断 県試験場など開発着手	長野県野菜花き試験場	信濃毎日新聞	2018/1/20	
2	④	キュウリ病虫害AI診断 県試験場など開発着手	長野県野菜花き試験場	信毎web	2018/1/20	(掲載期間はおよそ2週間程度)
3	④	農研機構 AIを活用した技術を開発中	農研機構	農業共済新聞	2018/11/7	
4	①	AIを活用した病虫害診断をお試し頂けますーアグリ・ビジネス・ジャパン 2019にてプロジェクト成果を発表ー	農研機構		2019/9/4	https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/press/laboratory/niaes/132025.html
5	①	判断の根拠を説明可能なAIを開発ー農作物の病虫害診断等での活用に期待ー	農研機構		2020/1/23	
6	②	「マグロも豚も AIで守れ AIで1次産業を効率化 水揚げ監視／くしゃみの音判別」	農研機構	日本経済新聞	2019/9/29	
7	②	病虫害症状 AI学習中 農研機構などのグループ スマホ診断アプリ開発 撮影、即座に判明 まずキュウリから	農研機構	日本農業新聞	2019/9/13	
8	②	農研機構など、AI活用しスマホで病虫害診断	農研機構	農機新聞	2019/9/13	
9	④	AIが診断！農作物の病虫害	農研機構	農林水産技術ニュース	2019/11/11	
10	④	病気から動植物を守る／最新技術で病気から守る スマートフォンの画像で病虫害を識別	農研機構	農林水産省「あふ」	2020/2/1	

11	④	AIプロ(イチゴグループ)令和1年度中間検討会及び現地検討会の開催	栃木県農業試験場	栃木農試広報誌(農試ニュースNo.389)	令和1年11月号(11月1日発行)	
12	④	AIを活用した病害虫診断技術の開発	宮城県農業・園芸総合研究所	宮城県農業・園芸総合研究所Webページ	2020/11/26	https://www.pref.miyagi.jp/soshiki/res_center/topicsr2-7.html
13	④	スマート農業と野菜花き試験場の取り組み～AIを活用した病害虫診断技術の開発	長野県野菜花き試験場	「信州の農業」(長野県農業卸商業協同組合発行)	2020/11/1	
14	④	AIを活用した病害虫早期診断技術の開発を進めています。(病理昆虫部)～農林水産省委託プロジェクト研究「人工知能未来農業創造プロジェクト」～	農研機構、岐阜県農業技術センター	岐阜県農業技術センターニュース No.49	2021/12/1	https://www.g-agri.rd.pref.gifu.lg.jp/
15	④	AIを活用した病害虫診断技術開発への取り組みについて	宮城県農業・園芸総合研究所	植物防疫みやぎ	2021/7/30	
16	②	「農研機構AI病虫害診断サービス」	農研機構	日刊工業新聞	2021/8/1	
17	①	「農研機構AI病虫害画像診断WAGRI-APIを公開—対象作物を追加し、病虫害小図鑑を合わせた新サービス—」	農研機構		2022/3/28	

(7) 普及に移しうる成果

区分:①普及に移されたもの・製品化して普及できるもの、②普及のめどがたったもの、製品化して普及のめどがたったもの、③主要成果として外部評価を受けたもの(複数選択可)。

整理番号	区分	成果の名称	機関名	普及(製品化)年月		主な利用場面	普及状況
1	②	人工知能(AI)を活用し、画像データで病害虫を診断する技術を開発	京都府農林水産技術センター	2022	3	新規就農者、農業法人就労者等による病虫害の診断	2022年3月に公表されたので、今後、普及する見込み
2	②	ナス病害虫の人工知能(AI)による簡便で迅速な診断技術	富山県農林水産総合技術センター	2022	3	新規就農者、農業法人就労者等による病虫害の診断	2022年3月に公表されたので、今後、普及する見込み
3	②	AIを活用した病害虫画像診断アプリの利用	宮城県農業・園芸総合研究所	2022	3	新規就農者、農業法人就労者等による病虫害の診断	2022年3月に公表されたので、今後、普及する見込み
4	②	いちごで発生する重要病害虫を診断する人工知能の現地実証	栃木県農業試験場	2022	3	新規就農者、農業法人就労者等による病虫害の診断	2022年3月に公表されたので、今後、普及する見込み
5	②	スマートフォンカメラ撮影画像から病害虫を識別できる病害虫診断AI	三重県農業研究所	2022	3	新規就農者、農業法人就労者等による病虫害の診断	2022年3月に公表されたので、今後、普及する見込み

(8) 発表会の主催(シンポジウム・セミナー等)の状況

整理番号	発表会の名称	機関名	開催場所	年月日	参加者数	備考
1	AIプロ(イチゴグループ)の概要の紹介	宮城県農業・園芸総合研究所	宮城県植物防疫協会 研修会	2019/12/5	68	
2	令和元年度生物資源研究センター試験研究成績報告会	京都府農林水産技術センター	京都府生物資源研究センター	2020/3/13	100	
3	第10回農業環境インベントリー研究会「AI・スマート農業のための病害虫基盤情報の活用」	農研機構、法政大学	オンライン開催	2020/11/2	150	https://www.naro.affrc.go.jp/event/list/2020/11/137216.html
4	AIを活用した植物病害虫診断技術の開発と展望	農研機構植物防疫部門	Web配信	2022/11/9	300	https://www.naro.go.jp/event/list/2021/10/144292.html
5	農薬懇談会		郡山市南東北総合卸センター	2022/11/26	20名	
6	愛知県農業経営士協会豊田・みよし支部視察研修会	愛知県	農業総合試験場	2022/1/19	25	
7	令和3年度農林センター試験研究成績報告会	京都府農林水産技術センター	Web配信	2022/2/2	200	http://www.pref.kyoto.jp/nosoken/
8	令和3年度生物資源研究センター試験研究成績報告会	京都府農林水産技術センター	Web配信	2022/3/16	200	http://www.pref.kyoto.jp/shigenken/

(9) アウトリーチ活動の状況

区分:①一般市民向けのシンポジウム・講演会及び公開講座・サイエンスカフェ等、②展示会及びフェアへの出展・大学及び研究所等の一般公開への参画、③その他(子供向け出前授業

整理番号	区分	アウトリーチ活動	機関名	開催場所	年月日	参加者数	主な参加者	備考
1	②	イノベーション・ジャパン2017	法政大学	東京ビッグサイト	2017/8/31	25000人	大学関係者、研究機関研究者、企業担当者、行政等	
2	②	成果発表会「キュウリ病害の画像診断システムの開発」	法政大学・埼玉県農業技術研究センター	東京ビッグサイト	2018/2/2	235	農業者、関係団体職員	
3	②	スマートアグリソリューション2018	農研機構、埼玉県、宮城県、法政大学、(株)ノーザンシステムサービス	東京ビッグサイト	2018/7/11～2018/7/13	40,000	大学関係者、研究機関研究者、企業担当者、行政等	
4	②	アグリビジネス創出フェア2018	農研機構	東京ビッグサイト	2018/11/20～2018/11/22	38,000	大学関係者、研究機関研究者、企業担当者、行政等、生産者、地方自治体担当者	

5	①	第16回環境研究シンポジウム「スマート社会と環境～豊かな暮らしと環境への配慮の両立を目指して」	農研機構	一橋大学一橋講堂	2018/11/13	300	大学関係者、研究機関研究者、企業担当者、行政等	
6	①	農業環境インベントリー研究会「AI・スマート農業のための病害虫基盤情報の活用」	農研機構農業環境変動研究センター	エポカルつくば	2020/2/28		国公立研究開発機関、行政部局、大学、民間、農家・農業法人	
7	③	第11回京都先端科学大学バイオ環境学部・京都府農林水産技術センター研究交流会	京都府農林水産技術センター	京都先端科学大学 亀岡キャンパス(京都府亀岡市)	2020/3/5	100	京都先端科学大学教員、京都府農林センター職員	
8	①	農研機構サイエンスカフェ 第17回「AIってなにがわかるの？ 人工知能を利用した病害虫識別について」	農研機構 つくば市	つくば市役所	2018/2/20		一般市民	
9	②	アグリ・ビジネス・ジャパン2019	農研機構、法政大学、(株)ノーザンシステムサービス	東京ビックサイト	2019/9/11～13	46,138	会社員、学生、行政等	http://59.106.234.214/index.html http://59.106.234.214/pdf/Report_2019.pdf
10	②	筑波会議2019	筑波会議委員会、農研機構農業環境変動研究センター、農業情報研究センター	つくば国際会議場 EPOCAL	2019/10/2	約50名	大学関係者、学生、関連企業、公設研究機関	https://tsukuba-conference.com/session
11	③	広島県園芸振興協会トマト部会ワーキング会議	広島県立総合技術研究所農業技術センター	広島県立総合技術研究所農業技術センター	2020/6/23	35	県普及指導員、県内JA担当者	
12	②	京都スマート農業祭2020	京都府農林水産技術センター	京都府農林水産技術センター(亀岡市)	2020/11/13・14	2000	農業者、農業関係団体・組織、農機メーカー、公的関係機関・団体	
13	①	アグリビジネス創出フェア2020出展	農研機構	オンライン開催	2020/11/11-13	9.8万PV	行政、農業者、研究機関、民間企業等	https://agribiz-fair.maff.go.jp/
14	①	農業技術革新・連携フォーラム2020出展	農研機構	オンライン開催	2020/12/14-28		行政、農業者、研究機関、民間企業等	https://sentannogyo.jp/renkeiforum2020
15	②	AIを用いた病害虫識別技術の開発	農研機構	オンライン開催	2010/12/28	15	行政、農業者、研究機関、民間企業等	
16	②	令和2年度東北農業試験研究推進会議生産環境推進部会・病害虫研究会「病害虫被害画像のデータベース化とAIを活用した病害虫診断技術の開発」	農研機構	オンライン開催	2021/1/21		研究機関	

17	①	岐阜県農業技術センター・岐阜大学応用生物科学部共催 令和3年度 研究成果発表会	農研機構、岐阜県農業技術センター	オンライン(Zoomウェビナー)	2022/2/22	約100名	行政、学生、会社員等	
18	③	広島県園芸振興協会トマト部会ワーキング会議	広島県立総合技術研究所農業技術センター	広島県立総合技術研究所農業技術センター	2020/6/23	35	県普及指導員、県内JA担当者	
19	①	オンラインシンポジウム「AIを活用した植物病害虫診断技術の開発と展望」	広島県立総合技術研究所農業技術センター	オンライン	2021/11/9	243	民間企業、生産者、県公設試・病害虫防除所など	https://www.naro.go.jp/event/list/2021/10/144292.html
20	①	令和3年度かがわスマート農業推進大会	香川県農業試験場	丸亀市綾歌総合文化会館アイレックス	2021/7/19	160名	農業生産者、行政、会社員、学生	ポスター発表
21	③	試験場公開デー	農研機構等	WEB掲載(YouTube)	2021/11/3~		一般市民	https://m.youtube.com/watch?v=PxcIX
22	②	アグリビジネス創出フェアin東海に出展	三重県農業研究所	AP名古屋	2022/1/20		農業関係者	http://www.biotech-tokai.jp
23	②	京都スマート農業セミナーin亀岡	京都府農林水産技術センター	農林センターWeb配信(併用)	2022/1/14	80	農業者、農業関係団体・組織、農機メーカー、公的関係機関・団体	https://www.agr-k.or.jp/nbc-kyoto/co
24	①	WAGRIやPRISM病害虫診断などの取組み内容について紹介	FUJITSU JA ICTセミナー	オンライン録画	2022/3/3	100	JA、富士通プロパー	
25	①	日本植物防疫協会シンポジウム「新しい時代に向けた病害虫の診断と発生予察を考える」	日本植物防疫協会	Web配信	2021/9/17	580	都道府県植物防疫関係者、民間企業	https://jppa.or.jp/wpsite/wp-content/
26	①	名古屋植物防疫所ゼミナール	名古屋植物防疫所	オンラインセミナー	2022/2/9	20	名古屋植物防疫所職員	