

イネウンカ類の発生調査における 粘着板捕獲サンプルを対象とした AI 自動カウントシステム (ウンカ自動カウントシステム) 標準作業手順書

－サンプル版－



目次

はじめに	1
免責事項	5
I. イネウカ類の水田内発生調査の現状と課題	6
1. イネウカとは	6
2. 水田内発生調査の必要性	8
3. 粘着板払い落とし法による発生調査の方法	9
(1) 調査用粘着板の作成	9
(2) 水田での払い落とし作業	11
(3) 識別・計数作業	11
<参考情報：遺伝子情報に基づくイネウカ類 3 種の簡易識別法>	13
4. これまでの粘着板払い落とし法による発生調査の問題点	14
II. ウンカ自動カウントシステムの概要と特徴	15
III. ウンカ自動カウントシステムの準備	17
1. ハードウェアの用意	17
(1) 調査用粘着版の画像化用スキャナ	18
(2) 深層学習用コンピューター（NVIDIA Jetson を使う場合）	18
(3) 深層学習用コンピューター（Windows の場合）	21
2. Jetson の初期設定	22
3. Jetson へのモデルの実行と計数用ソフトウェアのインストール	28
(1) ソフトウェアの入手とインストールの準備	28
(2) インストールプログラムの実行	30
(3) ネットワークの設定	32
(4) NTP サーバーあるいは時刻の設定	35

(5) インストールの最終確認	37
IV. ウンカ自動カウントシステムの使い方	44
1.Windows パソコンを使った、スキャナによる調査用粘着板の画像化	44
(1) 調査用粘着板のスキャナへのセット	44
(2a) CanoScan 9000F Mark II を用いたスキャニング	45
(2b) EPSON GT-X830 を用いたスキャニング	49
2.Jetson でのモデルの実行と計数用ソフトウェアの使い方	52
(1) 調査用粘着板画像 1 枚毎の認識	53
(2) 調査用粘着板画像の連続認識	56
3.Windows パソコンでのモデルの実行と計数用ソフトウェアの利用	59
用語解説	62
よくあるご質問	64
参考資料	68
問合せ先	68

はじめに

水田のイネの重要害虫であるイネウンカ類は、体長 3.5～5 mm の小型の昆虫で、トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカの 3 種が含まれます。成虫・幼虫ともにイネウンカ類はイネの茎から篩管液を吸汁し、大発生した場合にはイネを大量枯死させる“坪枯れ”（坪枯れが水田全体に広がった場合は“全面枯れ”）を引き起こすほか、イネのウイルス病を媒介することで、収量に多大な悪影響を及ぼします。

イネウンカ類であるトビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカは、3 種それぞれが農林水産省の指定有害動植物（用語解説参照：p.62）であり、国の病虫害発生予察事業（用語解説参照：p.62）において、全国都道府県の病虫害防除所による約 3,000 地点での定期的（田植後から収穫期まで月 2 回）な発生調査（見取り、払い落とし、すくい取りなど）が毎年行われています。粘着板払い落とし法による調査では、水田内でのイネウンカ類の発生状況を把握するために、イネの株元などに取り付いている成虫と幼虫を調査用粘着板の上に叩き落とし、調査用粘着板に付着したウンカ個体を目視で確認します。各ウンカ個体は、表 1 のように、ウンカの種類、発育ステージ、さらに成虫の場合は雌雄と翅型に基づき、概ね 18 分類で識別され、それらの分類ごとに計数が行われます。イネウンカ類は、種間で外観が似ており、特に幼虫での種の識別には専門的な知識と経験が求められます。そのため、調査者はイネウンカ類の発生調査を行う上で事前にイネウンカ類識別技術を習得することが求められます。また、熟練した専門家であっても、膨大な量のイネウンカ類の識別・計数作業には多大な労力を伴います。上記の理由から、長年の間、イネウンカ類の識別・計数作業の自動化の必要性が認識されてきました。

一方、AI（Artificial Intelligence、人工知能）技術においては、深層学習（ディープラーニング）（用語解説参照：p.62）が発達し、画像分類や物体検出（用語解説参照：p.62）では、人間のエラー率約 5 %よりも良好な結果を示すようなプログラムが開発されてきています。このような深層学習プログラムに、専門家が識別した画像を大量に学習させることで、専門家なみの能力を学習済モデル（以下、モデル）に獲得させることが期待できます。

本標準作業手順書で紹介する「イネウンカ類の発生調査における粘着板捕獲サンプルを対象としたAI自動カウントシステム（以下、ウンカ自動カウントシステム）」は、専門家が上記の18分類に識別したイネウンカ類の画像を深層学習プログラムに学習させ、得られたモデルに基づき作られました。このモデルは、調査用粘着板上に付着した昆虫や植物片から自動でイネウンカ類だけを選び分け、18分類して認識します。特に、被害が最も甚大であるトビイロウンカについては、表2のように95%以上の精度で認識できます。これまで、図1のように調査用粘着板1枚分に捕殺された成幼虫数が数千を超えるような多発生時のイネウンカ類を数え上げるには、熟練した専門家であっても1時間以上かかることもありましたが、ウンカ自動カウントシステムでは3～4分以内で識別・計数作業が終わります。したがって、ウンカ自動カウントシステムを使うことで、誰でも専門家に匹敵する精度でイネウンカ類の識別・計数が可能になり、さらに、識別・計数作業が大幅に軽労化できます。

本標準作業手順書は、公設農業試験場、病害虫防除所等へのウンカ自動カウントシステムの導入を目指し作成したものです。イネウンカ類の的確で簡便な発生予察と防除に貢献できれば幸いです。

表1 調査対象となるイネウンカ類3種18分類

		長翅	短翅	終齢幼虫	中齢幼虫	若齢幼虫
トビイロウンカ	メス					
	オス					
ヒメトビウンカ	メス					
	オス					
セジロウンカ	メス					
	オス		—			

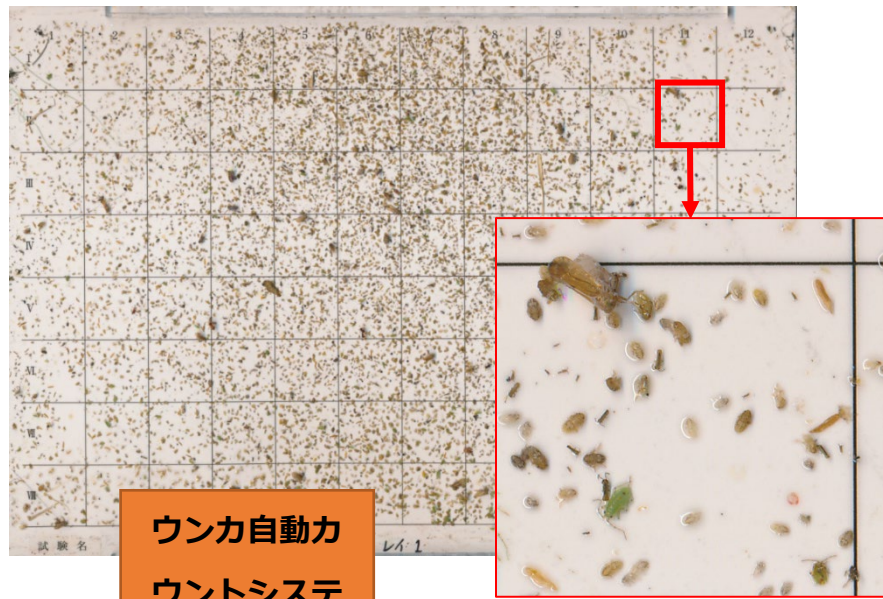
セジロウンカの短翅オスは通常は出現しません

表2 モデルの適合率（精度）

名称	適合率（%）
トビイロ長翅メス	99.6
トビイロ長翅オス	97.5
トビイロ短翅メス	97.2
トビイロ短翅オス	92.9
トビイロ終齢幼虫	97.0
トビイロ中齢幼虫	96.2
イネウンカ類若齢幼虫	95.7
ヒメトビ長翅メス	97.3
ヒメトビ長翅オス	60.5
ヒメトビ短翅メス	72.5
ヒメトビ短翅オス	—
ヒメトビ終齢幼虫	83.2
ヒメトビ中齢幼虫	68.9
セジロ長翅メス	99.6
セジロ長翅オス	99.7
セジロ短翅メス	88.0
セジロ終齢幼虫	98.4
セジロ中齢幼虫	95.6
全分類クラス（ヒメトビ短翅オスを除く）の平均	90.6
トビイロ（若齢幼虫も含む）の平均	96.6

2019年と2020年に九州沖縄農業研究センターの水田で収集した調査板画像を学習データとしたモデルで、他地域で収集した調査板画像を認識させた際の適合率（適合率=[真に正であったもの]/[正と認識したもの]）を示します。

「ヒメトビ短翅オス」は発生が少なく、他地域の調査板では捕獲できなかったため除外しています。



ウンカ自動カ
ウントシステ
ムで自動認
識、計数

自動計数結果

名称	認識数
トビイロ長翅メス	18
トビイロ長翅オス	2
トビイロ短翅メス	27
トビイロ短翅オス	1
トビイロ終齢幼虫	98
トビイロ中齢幼虫	3355
イネウンカ類若齢幼虫	4819
ヒメトビ長翅メス	0
ヒメトビ長翅オス	0
ヒメトビ短翅メス	0
ヒメトビ短翅オス	0
ヒメトビ終齢幼虫	0
ヒメトビ中齢幼虫	10
セジロ長翅メス	0
セジロ長翅オス	0
セジロ短翅メス	0
セジロ終齢幼虫	1
セジロ中齢幼虫	47

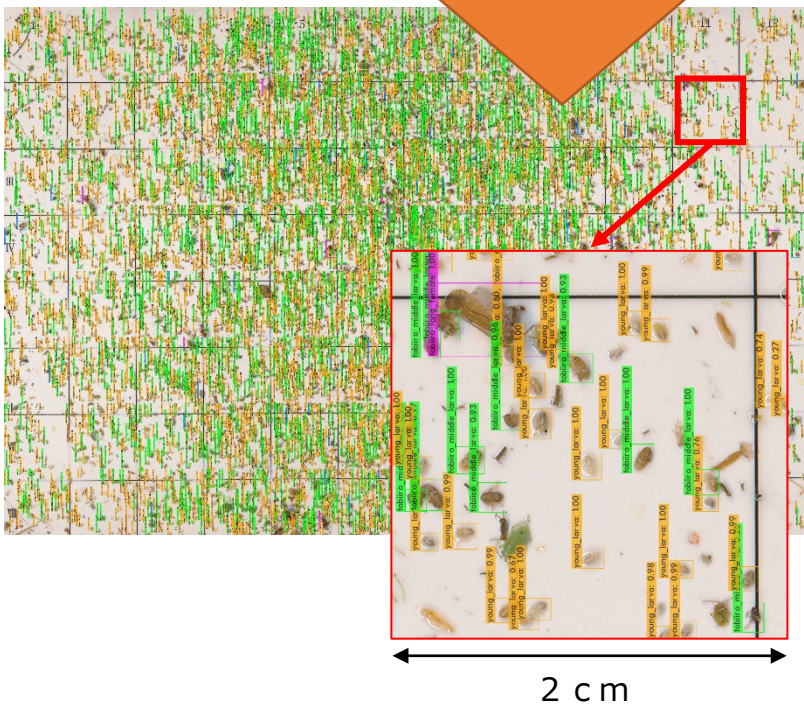


図1 調査板をウンカ自動カウントシステムで認識、計数させた例

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 農研機構は、配布プログラムに関して不具合やエラーや障害が生じないことを保証しません。
- 農研機構は、配布プログラムに欠陥があると判明した場合、訂正や補修する義務を負いません。
- 配布プログラムの商業的な利用又は再配布は、農研機構の許可を得てください。
- 本手順書中の図表、写真、イラストには第三者から転載・引用の許諾を得て掲載しているもの、農研機構が著作権を保有しているものが含まれます。複製には許諾が必要となります。
- 本手順書で使用している商品名や会社名は、各社が商標登録をしている場合があります

I. イネウンカ類の水田内発生調査の現状と課題

1. イネウンカ類とは

アジア地域における水田のイネの重要害虫であるイネウンカ類は、体長 3.5～5 mm のセミのような外観の小型昆虫で、トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカの 3 種が含まれます（図 I - 1）。イネウンカ類は、成虫・幼虫ともにイネの茎から師管液を吸汁しますが、それぞれの種ごとに主な被害状況が異なります。トビイロウンカは飛来直後には数が少ないですが、増殖力が高く、水田内で 3 世代ほど増殖し、大発生した場合にはイネを大量枯死させる“坪枯れ”（坪枯れが水田全体に広がった場合は“全面枯れ”）を引き起こします（図 I - 2）。セジロウンカは若いイネを好むため、イネの生育が進んだ水田からは移出してしまいます。そのため、吸汁による枯死の被害はほとんど出ませんが、産卵する際にイネに傷を付けて葉鞘褐変を起こしたり、排泄物により「すす病」が発生したりすることで生育を阻害します。ヒメトビウンカでは、吸汁による被害はほとんどありませんが、イネのウイルス病（縞葉枯病など）を媒介することで、収量に多大な悪影響を及ぼします。

日本では、イネウンカ類は古くから知られた害虫であり、江戸時代の大飢饉の原因の一つと考えられています。1990 年以降は、効果の高い化学合成殺虫剤が開発されイネを栽培しているアジア地域全体で使用されたため、イネウンカ類の発生が十分に抑えられていましたが、2005 年以降になると、薬剤抵抗性の発達やウンカが増えやすい稲品種の栽培拡大などによって再びイネウンカ類の発生が増加傾向となり、日本国内でも年によっては大発生し甚大な被害が発生するようになりました。例えば、2013 年にはトビイロウンカが九州を中心とした西日本で大発生し、その被害総額は 105 億円にのぼりました。

イネウンカ類 3 種のうちトビイロウンカとセジロウンカは日本では越冬できないものの、6～7 月に梅雨前線に向かって流れ込む暖かく湿った空気（下層ジェット気流）に乗って

中国大陸から日本各地（主に九州などの西日本）に飛来し、日本各地で増殖します。また、日本に一年中棲息するヒメトビウンカについても、まれに中国大陸から日本へ飛来することが知られています。



図 I - 1 イネウンカ類（左：トビイロウンカ、中央：セジロウンカ、右：ヒメトビウンカ）



図 I - 2 トビイロウンカによる被害の様子

2.水田内発生調査の必要性

イネウンカ類は農林水産省の指定有害動植物の一つであり、同省の病虫害発生予察事業において、全国都道府県の病虫害防除所による約 3,000 地点 での定期的（田植え後から収穫期まで月 2 回）な発生調査が毎年行われています。

日本におけるイネウンカ類の発生量は、日本への飛来量やタイミング、気象条件、イネウンカ類の種間相互作用など、未解明の要因も含め複数要因が関与し決まると考えられます。実際、日本におけるイネウンカ類各種の発生量は年次によって大きく変動します。

イネウンカ類では、種ごとに被害発生リスクや様々な殺虫剤に対する抵抗性の発達度合いが異なります。そのため、イネウンカ類の防除指針の策定には、それぞれの地域での水田内におけるイネウンカ類の種ごとの発生状況の把握が不可欠です。

イネウンカ類の成虫には翅型（はねがた）があり、雌雄ともに長翅型（ちょうしがた）と短翅型（たんしがた）が出現します^{※1}。長翅型は長い翅を持ち、新たな生息場所を求めて長距離移動するのに適しています。一方、短翅型は飛翔することができず、生まれた場所にとどまり増殖するのに適しています。実際、短翅型のメスは長翅型のメスよりも産卵数が多いことが知られています。したがって、イネウンカ類各種について水田内の発生状況からその後の発生量を予測するためには、発育ステージごとの発生量に加え、成虫の場合には雌雄や翅型ごとの発生量を把握することが重要です。

※ 1 セジロウンカの短翅型オスは通常は出現しません。

用語解説

指定有害動植物

有害動物又は有害植物であって、国内における分布が局地的でなく、且つ、急激にまん延して農作物に重大な損害を与える傾向があるため、その防除につき特別の対策を要するものとして、農林水産大臣によって指定されます。

発生予察事業

発生予察事業は植物防疫法により定められている事業で、病害虫のまん延を防止するために、その発生動向等を調査し、さらにその情報を農業者等に提供して適切な防除を促しています。発生予察事業に必要なデータは、各県に設置された病害虫防除所が県内各地に設置した予察灯や水田等を調査し収集しています。

深層学習（ディープラーニング）

神経細胞（ニューロン）を模した人工ニューロンの集合体のプログラムです。その中でも脳の視覚野の神経回路を模した深層畳み込みニューラルネットワークの発展により、2012年以降コンピューターによる画像認識性能が飛躍的に向上したことが、現在の第三次人工知能ブームを導いたと言われています。

画像分類や物体検出

1枚の画像に対して、何が写っているかで分類するのが「画像分類（Image Classification）」。さらに、何がどこに写っているかまで判定するのが「物体検出（Object Detection）」です。YOLOは深層学習を利用した物体検出アルゴリズムです。

GPU

3Dコンピューターグラフィックの表示には、大量の並列処理能力が求められます。このよ

うな並列処理を専門に行う演算装置が GPU（Graphics Processing Unit）です。この並列処理能力をニューラルネットワークの計算に用いることで、CPU のみで行うよりも飛躍的に計算速度を向上させる（数十倍）ことができます。

NVIDIA Jetson

NVIDIA 社のシングルボードコンピューターのシリーズで、2021 年 7 月現在安価な順に、NANO（税込参考価格：12,540 円）、Xavier NX（税込参考価格：50,490 円）、AGX Xavier（税込参考価格：96,800 円）の 3 機種が販売されています。並列計算用に GPU を搭載しているため、深層学習による物体検出を行うことに適しています。

人工知能（AI） ≡ 機械学習

ニューラルネットワーク

深層学習

画像認識

物体検出

YOLO

画像分類

人工知能技術と YOLO の関係のイメージマップ

よくあるご質問

Q: モデルの実行と計数用ソフトウェアの公開予定はあるのか？有償無償いずれか？

A: 公開時期等の詳細はまだ決まっていません。当面、少なくとも令和5年度中は試験運用が必要ですのでその期間は無償で提供しますが、本格的に運用する段階で有償となる可能性もあります。主に発生予察事業に関わる各機関に使っていただくことが多いと思いますので、各機関とよく相談して決定する予定です。

Q: 一般の農家から見た、この技術のメリットは？

A: 農協などにスキャナと深層学習用コンピューターを導入して共同利用できるようにすれば、生産者が個別に粘着板に虫を叩き落とすだけで、ウンカの発生を識別できるようになります。いち早くウンカの発生を知ることができるため、早期の防除につながるメリットが期待できます。

Q: 一般農家での導入予定はあるか（需要も含め）

A: ウンカは小さく見分けがつけにくいいため、コメ生産者が識別する需要はあると考えています。しかしこの技術そのままですと粘着板とスキャナと深層学習用コンピューターが必要になってしまいます。農協などで共同利用するのがよいと考えます。

Q: 公的機関での本技術の導入コストはどのくらいか

A: 現段階（2021年現在）ではスキャナと深層学習用コンピューター合わせて10万円台で導入できると試算しています。

Q: 3種類のウンカを分けて判定しなければならない理由は？

A: イネウンカ類は種によって被害発生リスクや様々な殺虫剤に対する抵抗性の発達度合いが異なっており、発生量調査では種ごとの発生個体数を正確に把握する必要があります。

Q: これまでの目視での精度はどのくらいか？

A: 目視による調査精度はこれまで検討されていませんのでわかりません。実際には数え落としや二重計数もあると思います。

Q: ウンカ以外の虫を誤認識しないのか？

A: 学習に用いた画像中にウンカ以外の虫やゴミなども混ざっていて、これらも同時に学習させているので、そういうものも含めてウンカの認識精度を算出しています。

Q: この自動カウントシステムは将来的に web 上で活用するシステムとして運用されるのでしょうか？（画像データを web ページ上のシステムに読み込ませる等）

A: 調査用粘着板の画像は超高解像度なので、サイズが大きく、web システムとして画像データをやり取りするには通信帯域の確保が課題です。現在は手元の深層学習用コンピューターにインストールするシステムとして開発しています。

Q: ニセトビイロウンカやトビイロウンカモドキなどの類似した種も識別されるのでしょうか？またその場合は“その他”となるのでしょうか？

A: 認識するのはイネウンカ類 3 種（トビイロウンカ、セジロウンカ、ヒメトビウンカ）のみで、それ以外の虫は基本的に認識されないシステムになっています。水田でイネを加害することができない他のウンカに関しては、水田内で発生することはあまりないことから、イネウンカ類と識別する必要性は低いと判断し、今回開発したモデルに学習させておりません。また、形態が類似するウンカを、誤ってイネウンカ類 3 種と認識してしまうかどうかについてもまだ検証していません。一方、ヒエなどのイネ科雑草が圃場内や畦畔に繁茂しているような水田でイネウンカ類の調査を実施する場合には、雑草を加害する他のウンカが発生していることがありますので、このような水田での本システムの有効性について今後検証していく必要があると考えています。

Q: 今後の県等への普及はどのように進めるのでしょうか？（国の委託事業などを通して、県で実証する予定でしょうか？）

A: 当面は公設試との実証試験を予定していますが、具体的なことは未定です。病害虫防除所への普及方法は農水省植物防疫課等と協議の後、決定されると思います。

Q: 将来的に県が活用する場合、使用料は発生するのでしょうか？

A: 未定です。

Q: スキャナではなくデジタルカメラで撮影した画像ではできないのか？

A: カメラを使って調査用粘着板のような平面の隅々までフォーカスを合わせて撮影するのは、それなりに難しい技術です。撮影条件をきっちり定めることが必要です。また、約 1 億画素の高解像度撮影のできるカメラがほとんどないので、スキャナによる画像入力が、もっとも手軽に安定

して高解像度画像を撮影できる方法です。一方で、現在のスキャナがいつまで入手可能であるかわからないので、デジタルカメラ対応も今後の検討が必要であると考えています。

問合せ先

農研機構 基盤技術研究本部 研究推進室 www_kiban@ml.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。