

課題3. 「施設栽培で問題となるアザミウマ類の自動判別手法の開発」

(1) 高知県農業技術センター

| | |
|---------|----------------------|
| 担当機関・部署 | 高知県農業技術センター生産環境課昆虫担当 |
| 担当者 | 下八川裕司・田村悠 |

1. 背景および目的

施設野菜で問題となっているアザミウマ類は、発生初期に発生種に応じた防除対策を行うことが重要であるが、アザミウマ類は微小であるため熟練者でなければ種の同定は難しく、調査にかかる労力が大きい。高知県農業技術センターと農研機構農業情報研究センターが開発した画像診断アプリケーション(以下、診断アプリという)は、粘着トラップに捕虫された主要なアザミウマ類5種(ミカンキイロアザミウマ、ヒラズハナアザミウマ、ネギアザミウマ、ミナミキイロアザミウマ、チャノキイロアザミウマ(以下、ミカンキイロ、ヒラズハナ、ネギ、ミナミキイロ、チャノキイロという))およびオス(主要なアザミウマ類5種およびオスを合わせて以下、学習済みアザミウマという)を迅速に判別、計数できることから、経験の浅い職員でも容易に調査が可能で、作業時間が短縮できる技術として生産現場から期待されている。しかし、アザミウマ類の発生程度によって画像診断で生じる誤差が許容できる範囲であるか、ほ場で調査に利用したときにどのような不具合が発生するのかなど、現地で実証しなければならぬ課題も多い。そこで、診断アプリを用いて現地実証を行い、施設栽培で発生するアザミウマ類の自動判別手法を開発する。

2. 方法

(1) 診断精度の検証

2024年10月から12月に、高知県内の施設栽培ほ場4か所(キュウリ、ナス、ピーマンおよびニラ)において、施設内および施設周辺の野外に粘着トラップを設置した(施設内:合計75枚(キュウリ15枚、ナス15、ピーマン18枚、ニラ27枚)、野外:合計38枚(キュウリ8枚、ナス8枚、ピーマン10枚、ニラ12枚))。トラップは概ね2週間間隔で交換し、回収したトラップは食品保存用ラップに包んで持ち帰り、捕虫されたアザミウマ類について片面ごとに実体顕微鏡を用いた目視診断および診断アプリを用いた自動診断(閾値0.5、以下同じ)で計数した。目視診断および自動診断の結果から、学習済みアザミウマごとに施設内と野外別に散布図を作成して近似曲線の決定係数 R^2 を算出するとともに、目視診断の結果を基準とした場合の見逃し数、誤検出数および絶対誤差を算出した。

(2) 診断所要時間および経費の検証

目視診断については、実体顕微鏡を用いてアザミウマ類の頭数を種別に計数するのにかかる時間を熟練者(診断業務歴10年)と新任者(診断業務歴1年)の別に計測した。自動診断については、画像化(スキャン)にかかる時間と診断(アプリ実行)にかかる時間を計

測した。なお、計測は施設花きほ場内に設置したトラップ(n=19)を用いて行った。

また、自動診断を実施するために必要な機材のコストを算出した。

3. 結果

(1) 診断結果の検証

目視診断と自動診断で計数された学習済みアザミウマの総数を種別に比較すると、施設内のオスと野外のチャノキを除き、自動診断の方が多く、誤検出をすることが確認された(図1, 2)。

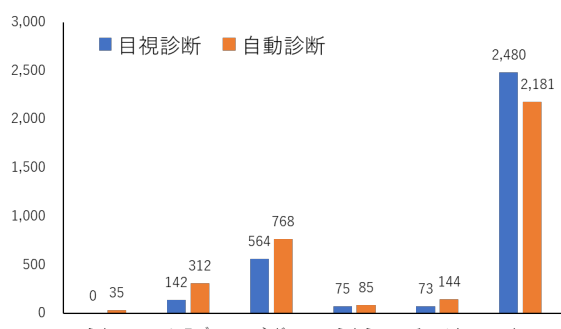


図1 施設内に設置したトラップの診断結果

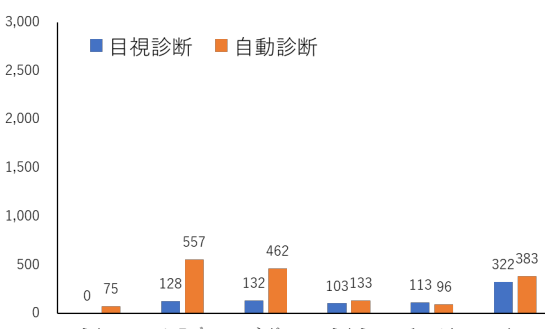


図2 野外に設置したトラップの診断結果

1) ミカンキイロ

目視診断では確認されなかった(散布図は省略)。しかし、自動診断では110頭(施設内35頭、野外75頭)が計数された。トラップ1面あたりの誤検出数は施設内で0.2頭、野外で1.29頭であった(表1)。ミカンキイロと誤検出された対象は、AIに学習させていないアザミウマ類であるハナアザミウマ(以下、ハナ(未学習))が49頭(44.5%)、同じくAIに学習させていないアザミウマ類であるビワハナアザミウマ(以下、ビワハナ(未学習))が18頭(16.4%)、ネギが14頭(12.7%)などであった(表2)。

表1 ミカンキイロの診断結果比較

| 場所 | 目視診断 頭数 | 自動診断 | | | |
|-----|------------|------|-----|------|------|
| | | 頭数 | 見逃し | 誤検出 | 絶対誤差 |
| 施設内 | 0 | 0.22 | 0 | 0.22 | 0.22 |
| 野外 | 0 | 1.00 | 0 | 1.00 | 1.00 |

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表2 ミカンキイロと誤検出した割合

| 誤検出した対象 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|-----------|------|----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ハナ(未学習) | 3 | 46 | 49 | 44.5 |
| ビワハナ(未学習) | 3 | 15 | 18 | 16.4 |
| ネギ | 10 | 4 | 14 | 12.7 |
| ミナミキイロ | 5 | 2 | 7 | 6.4 |
| コナジラミ類 | 7 | 0 | 7 | 6.4 |
| その他の合計 | 7 | 8 | 15 | 13.6 |
| 総計 | 35 | 75 | 110 | 100 |

2) ヒラズハナ

目視診断では270頭(施設内142頭、野外128頭)、自動診断では869頭(施設内312頭、野外557頭)が計数され、散布図を作成して算出した決定係数 R^2 は施設内で0.4396、野外で0.3682であった(図3, 4)。施設内および野外におけるトラップ1面あたりの目視頭数はそれぞれ0.95頭、1.68頭であったのに対し、自動診断による頭数

はそれぞれ2.08頭、7.33頭で、目視診断との差は見逃し数が0.07頭、ゼロ、誤検出数が1.21頭、5.64頭で、これらを合わせた絶対誤差はそれぞれ1.28頭、5.64頭であった(表3)。

ヒラズハナと誤検出された対象は、ハナ(未学習)が283頭(46.9%)、AIに学習させていないアザミウマ類であるデンドロアザミウマ亜科と思われるアザミウマ類(未同定、以下、デンドロ(未学習))が209頭(34.7%)、ハチ目が43頭(7.1%)などであった(表4)。また、ヒラズハナを他の学習済みアザミウマと誤検出した数は9頭(3.3%)で、内訳はミカンキイロが4頭(1.5%)、ネギが5頭(1.9%)であった(表5)。

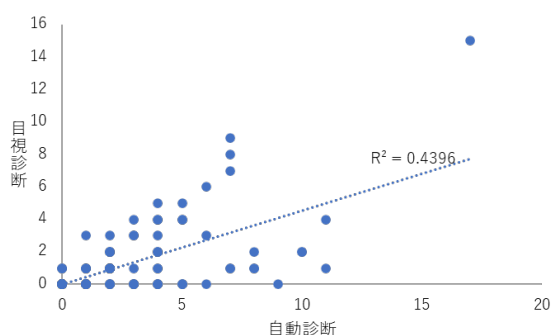


図3 ヒラズハナの散布図(施設内)

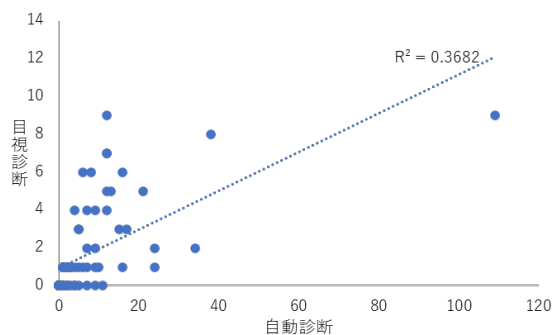


図4 ヒラズハナの散布図(野外)

表3 ヒラズハナの診断結果比較

| 場所 | 目視診断 頭数 | 自動診断 | | | |
|-----|------------|------|------|------|------|
| | | 頭数 | 見逃し | 誤検出 | 絶対誤差 |
| 施設内 | 0.95 | 2.08 | 0.07 | 1.21 | 1.28 |
| 野外 | 1.68 | 7.33 | 0 | 5.64 | 5.64 |

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表4 ヒラズハナと誤検出した割合

| 誤検出した対象 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|-----------|------|-----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ハナ(未学習) | 31 | 252 | 283 | 46.9 |
| デンドロ(未学習) | 82 | 127 | 209 | 34.7 |
| ハチ目 | 19 | 24 | 43 | 7.1 |
| ハエ目 | 17 | 11 | 28 | 4.6 |
| ネギ | 15 | 0 | 15 | 2.5 |
| その他の合計 | 16 | 9 | 25 | 4.1 |
| 総計 | 180 | 423 | 603 | 100 |

表5 ヒラズハナを誤検出した割合

| 誤検出した内訳 | 誤検出頭数 | 割合 (%) |
|---------|-------|-----------|
| ミカンキイロ | 4 | 1.5 |
| ネギ | 5 | 1.9 |
| ミナミキイロ | 0 | 0 |
| チャノキイロ | 0 | 0 |
| オス | 0 | 0 |
| 合計 | 9 | 3.3 |

注)目視診断による付着総数は270頭

3) ネギ

目視診断では696頭(施設内564頭、野外132頭)、自動診断では1,230頭(施設内768頭、野外462頭)が計数され、散布図を作成して算出した決定係数 R^2 は施設内で0.9344、野外で0.2584であった(図5,6)。施設内および野外におけるトラップ1面あ

たりの目視頭数はそれぞれ3.76頭、1.72頭であったのに対し、自動診断による頭数はそれぞれ5.12頭、6.16頭で、目視診断との差は見逃し数が0.09頭、ゼロ、誤検出数が1.45頭、4.43頭で、これらを合わせた絶対誤差はそれぞれ1.53頭、4.43頭であった(表6)。

ネギと誤検出された対象は、ハナ(未学習)が288頭(51.7%)、オスが146頭(26.2%)、ハチ目が33頭(5.9%)などであった(表7)。また、ネギを他の学習済みアザミウマと誤検出した数は35頭(5.0%)で、内訳はミカンキイロが14頭(2.0%)、ヒラズハナが15頭(2.2%)、ミナミキイロが3頭(0.4%)、オスが3頭(0.4%)であった(表8)。

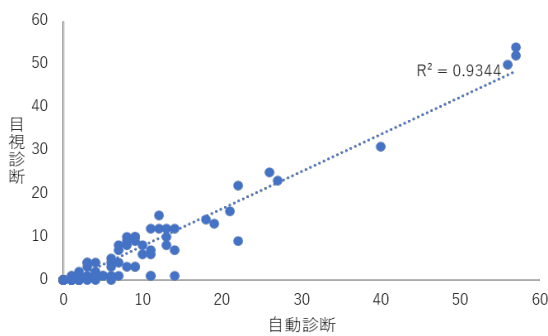


図5 ネギの散布図(施設内)

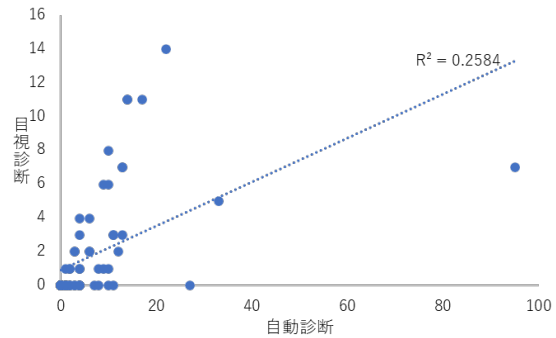


図6 ネギの散布図(野外)

表6 ネギの診断結果比較

| 場所 | 目視診断 頭数 | 自動診断 | | | |
|-----|------------|------|------|------|------|
| | | 頭数 | 見逃し | 誤検出 | 絶対誤差 |
| 施設内 | 3.76 | 5.12 | 0.09 | 1.45 | 1.53 |
| 野外 | 1.72 | 6.16 | 0 | 4.43 | 4.43 |

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表7 ネギと誤検出した割合

| 誤検出した対象 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|-----------|------|-----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ハナ(未学習) | 30 | 258 | 288 | 51.7 |
| オス | 144 | 2 | 146 | 26.2 |
| ハチ目 | 9 | 24 | 33 | 5.9 |
| デンドロ(未学習) | 14 | 13 | 27 | 4.8 |
| ハエ目 | 9 | 7 | 16 | 2.9 |
| その他の合計 | 15 | 34 | 49 | 8.8 |
| 総計 | 221 | 336 | 557 | 100 |

表8 ネギを誤検出した割合

| 誤検出した内訳 | 誤検出頭数 | 割合 (%) |
|---------|-------|-----------|
| ミカンキイロ | 14 | 2.0 |
| ヒラズハナ | 15 | 2.2 |
| ミナミキイロ | 3 | 0.4 |
| チャノキイロ | 0 | 0 |
| オス | 3 | 0.4 |
| 合計 | 35 | 5.0 |

注)目視診断による付着総数は696頭

4) ミナミキイロ

目視診断では178頭(施設内75頭、野外103頭)、自動診断では218頭(施設内85頭、野外133頭)が計数され、散布図を作成して算出した決定係数 R^2 は施設内で0.502、野外で0.797であった(図7,8)。施設内および野外におけるトラップ1面あたりの目視頭数はそれぞれ0.50頭、1.37頭であったのに対し、自動診断による頭数はそれぞれ

0.57頭、1.67頭で、目視診断との差は見逃し数が0.17頭、0.26頭、誤検出数が0.23頭、0.57頭で、これらを合わせた絶対誤差はそれぞれ0.40頭、0.83頭であった(表9)。

ミナミキイロと誤検出された対象は、オスが24頭(29.3%)、ハナ(未学習)が18頭(22.0%)、AIに学習させていないその他アザミウマ類の合計(以下、その他アザミウマ(未学習))が13頭(15.9%)などであった(表10)。また、ミナミキイロを他の学習済みアザミウマと誤検出した数は37頭(20.8%)で、内訳はミカンキイロが7頭(3.9%)、ネギが5頭(2.8%)、チャノキイロが4頭(2.2%)、オスが21頭(11.8%)であった(表11)。

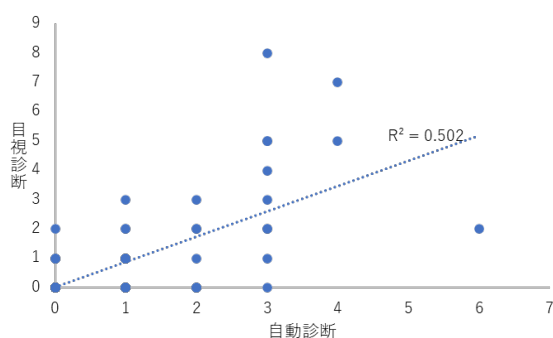


図7 ミナミキイロの散布図(施設内)

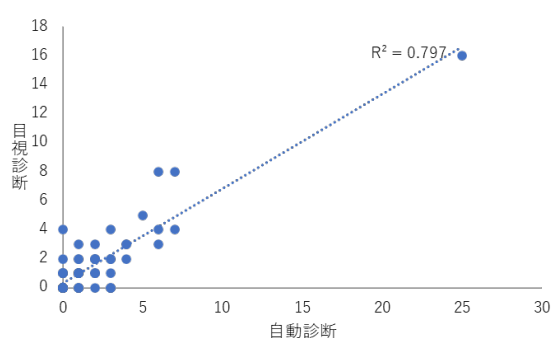


図8 ミナミキイロの散布図(野外)

表9 ミナミキイロの診断結果比較

| 場所 | 目視診断 頭数 | 自動診断 | | | 絶対誤差 |
|-----|------------|------|------|------|------|
| | | 頭数 | 見逃し | 誤検出 | |
| 施設内 | 0.50 | 0.57 | 0.17 | 0.23 | 0.40 |
| 野外 | 1.37 | 1.67 | 0.26 | 0.57 | 0.83 |

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表10 ミナミキイロと誤検出した割合

| 誤検出した対象 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|---------------|------|----|----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| オス | 23 | 1 | 24 | 29.3 |
| ハナ(未学習) | 2 | 16 | 18 | 22.0 |
| その他アザミウマ(未学習) | 5 | 8 | 13 | 15.9 |
| ビワハナ(未学習) | 2 | 8 | 10 | 12.2 |
| チャノキイロ | 1 | 4 | 5 | 6.1 |
| その他の合計 | 5 | 7 | 12 | 14.6 |
| 総計 | 38 | 44 | 82 | 100 |

表11 ミナミキイロを誤検出した割合

| 誤検出した内訳 | 誤検出頭数 | 割合 (%) |
|---------|-------|-----------|
| ミカンキイロ | 7 | 3.9 |
| ヒラズハナ | 0 | 0 |
| ネギ | 5 | 2.8 |
| チャノキイロ | 4 | 2.2 |
| オス | 21 | 11.8 |
| 合計 | 37 | 20.8 |

注)目視診断による付着総数は178頭

5) チャノキイロ

目視診断では186頭(施設内73頭、野外113頭)、自動診断では240頭(施設内144頭、野外96頭)が計数され、散布図を作成して算出した決定係数 R^2 は施設内で0.2279、野外で0.843であった(図9, 10)。施設内および野外におけるトラップ1面あたりの目視頭数はそれぞれ0.49頭、1.49頭であったのに対し、自動診断による頭数

はそれぞれ0.96頭、1.26頭で、目視診断との差は見逃し数が0.17頭、0.41頭、誤検出数が0.64頭、0.18頭で、これらを合わせた絶対誤差はそれぞれ0.81頭、0.59頭であった(表12)。

チャノキイロと誤検出された対象は、オスが97頭(89.8%)、ミナミキイロが4頭(3.7%)、その他アザミウマ(未学習)が3頭(2.8%)などであった(表13)。また、チャノキイロを他の学習済みアザミウマと誤検出した数は25頭(13.4%)で、内訳はネギが1頭(0.5%)、ミナミキイロが5頭(2.7%)、オスが19頭(10.2%)であった(表14)。

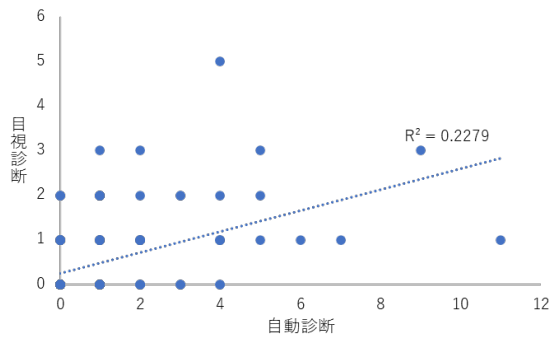


図9 チャノキイロの散布図(施設内)

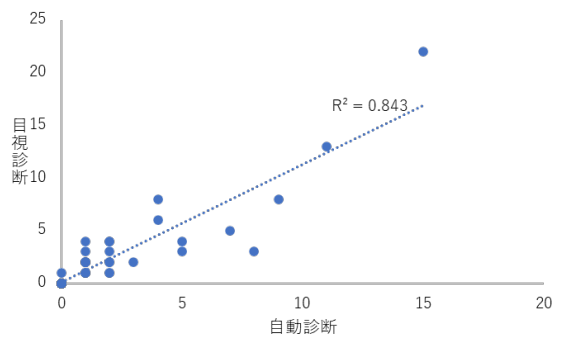


図10 チャノキイロの散布図(野外)

表12 チャノキイロの診断結果比較

| 場所 | 目視診断 頭数 | 自動診断 | | | 絶対誤差 |
|-----|------------|------|------|------|------|
| | | 頭数 | 見逃し | 誤検出 | |
| 施設内 | 0.49 | 0.96 | 0.17 | 0.64 | 0.81 |
| 野外 | 1.49 | 1.26 | 0.41 | 0.18 | 0.59 |

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表13 チャノキイロと誤検出した割合

| 誤検出した対象 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|---------------|------|----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| オス | 86 | 11 | 97 | 89.8 |
| ミナミキイロ | 4 | 0 | 4 | 3.7 |
| その他アザミウマ(未学習) | 1 | 2 | 3 | 2.8 |
| 植物片 | 1 | 1 | 2 | 1.9 |
| コナジラミ類 | 1 | 0 | 1 | 0.9 |
| ハチ目 | 1 | 0 | 1 | 0.9 |
| 総計 | 94 | 14 | 108 | 100 |

表14 チャノキイロを誤検出した内訳

| 誤検出した内訳 | 誤検出頭数 | 割合 (%) |
|---------|-------|-----------|
| ミカンキイロ | 0 | 0 |
| ヒラズハナ | 0 | 0 |
| ネギ | 1 | 0.5 |
| ミナミキイロ | 5 | 2.7 |
| オス | 19 | 10.2 |
| 合計 | 25 | 13.4 |

注)目視診断による付着総数は186頭

6) オス

目視診断では2,802頭(施設内2,480頭、野外322頭)、自動診断では2,564頭(施設内2,181頭、野外383頭)が計数され、散布図を作成して算出した決定係数 R^2 は施設内で0.9536、野外で0.937であった(図11, 12)。施設内および野外におけるトラップ1面あたりの目視頭数はそれぞれ16.53頭、5.75頭であったのに対し、自動診断によ

る頭数はそれぞれ14.54頭、6.86頭で、目視診断との差は見逃し数が2.24頭、0.21頭、誤検出数が0.25頭、1.32頭で、これらを合わせた絶対誤差はそれぞれ2.49頭、1.54頭であった(表15)。

オスと誤検出された対象は、ミナミキイロが21頭(18.9%)、チャノキイロ19頭(17.1%)、その他アザミウマ(未学習)が17頭(15.3%)などであった(表16)。また、オスを他の学習済みアザミウマと誤検出した数は269頭(9.6%)で、内訳はミカンが3頭(0.1%)、ネギが146頭(5.2%)、ミナミキイロが23頭(2.7%)、チャノキイロが97頭(3.5%)であった(表17)。

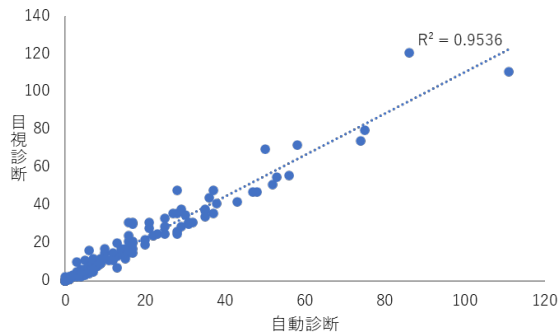


図 11 オスの散布図 (施設内)

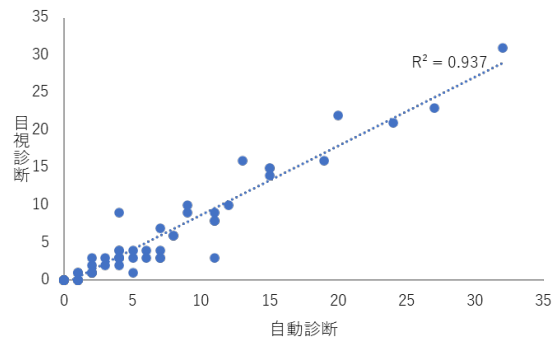


図 12 オスの散布図 (野外)

表 15 オスの診断結果比較

| 場所 | 目視診断 頭数 | 自動診断 | | | |
|-----|------------|-------|------|------|------|
| | | 頭数 | 見逃し | 誤検出 | 絶対誤差 |
| 施設内 | 16.53 | 14.54 | 2.24 | 0.25 | 2.49 |
| 野外 | 5.75 | 6.86 | 0.21 | 1.32 | 1.54 |

注)数値はトラップ1面あたりの数値

表 16 オスと誤検出した対象

| 誤検出した対象 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|----------------|------|----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ミナミキイロ | 3 | 18 | 21 | 18.9 |
| チャノキイロ | 10 | 9 | 19 | 17.1 |
| その他アザミウマ (未学習) | 3 | 3 | 6 | 5.4 |
| ハエ目 | 5 | 9 | 14 | 12.6 |
| 植物片 | 2 | 9 | 11 | 9.9 |
| その他の合計 | 15 | 25 | 40 | 36.0 |
| 総計 | 38 | 73 | 111 | 100 |

表 17 オスを誤検出した内訳

| 誤検出した内訳 | 誤検出頭数 | 割合 (%) |
|---------|-------|-----------|
| ミカンキイロ | 3 | 0.1 |
| ヒラズハナ | 0 | 0 |
| ネギ | 146 | 5.2 |
| ミナミキイロ | 23 | 0.8 |
| チャノキイロ | 97 | 3.5 |
| 合計 | 269 | 9.6 |

注)目視診断による付着総数は2,802頭

7) 調査時期別のオスを誤検出した数およびその内訳

ニラほ場において、トラップに付着したオス（ほとんどがネギアザミウマのオスであった(データ省略)）の数と、そのオスを他の学習済みアザミウマと誤検出した数をトラップの設置期間毎に集計した。オスを誤検出した数は、10月2日から10月16日に設置したトラップでは12頭(1.7%)であったが、その後、徐々に増加し、11月

28日から12月16日に設置したトラップでは136頭(25.1%)まで増加した(表18)。

表 18 オスを誤検出した内訳の変化

| 設置期間 | | ニラほ場で捕虫されたオス | | | | 誤検出数 合計 | 誤検出率 (%) | |
|--------|--------|--------------|--------|---------|----------|------------|-------------|------|
| | | ミカンと誤検出 | ネギと誤検出 | ミナミと誤検出 | チャノキと誤検出 | | | |
| 10月2日 | 10月16日 | 692 | 0 | 4 | 1 | 7 | 12 | 1.7 |
| 10月31日 | 11月14日 | 546 | 1 | 25 | 4 | 15 | 45 | 8.2 |
| 11月28日 | 12月16日 | 542 | 1 | 111 | 3 | 21 | 136 | 25.1 |

8) 誤検出する割合が高いアザミウマ類

自動診断において学習済みアザミウマと誤検出する確率が高く、かつトラップに捕虫された数が多かった3種のアザミウマについて、誤検出した内訳を集計した。誤検出率、誤検出数ともに最大であったハナアザミウマは、675頭のうち639頭(94.7%)を誤検出し、その主な内訳はミカンが49頭(7.3%)、ヒラズハナが283頭(41.9%)、ネギが288頭(42.7%)であった(表19)。捕虫数はそれほど多くなかったが、誤検出率が高かったビワハナアザミウマは、65頭のうち45頭(69.2%)を学誤検出し、その主な内訳はミカンキイロが18頭(27.7%)、ネギが14頭(21.5%)、ミナミキイロが10頭(15.4%)であった(表20)。誤検出率はあまり高くないが、捕虫数が多いことから誤検出数が多くなったデンドロ(学習)については付着していた818頭のうち238頭(29.1%)を誤検出し、その主な内訳はヒラズハナが209頭(25.6%)、ネギが27頭(3.3%)であった(表21)。また、いずれの種も施設内より野外でトラップに多く捕虫されていた(図13)。

表 19 ハナ(未学習)を誤検出した割合

| 誤検出した 内訳 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|-------------|------|-----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ミカンキイロ | 3 | 46 | 49 | 7.3 |
| ヒラズハナ | 31 | 252 | 283 | 41.9 |
| ネギ | 30 | 258 | 288 | 42.7 |
| ミナミキイロ | 2 | 16 | 18 | 2.7 |
| チャノキイロ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| オス | 0 | 1 | 1 | 0.1 |
| 合計 | 66 | 573 | 639 | 94.7 |

注)目視診断による付着総数は675頭

表 20 ビワハナ(未学習)を誤検出した割合

| 誤検出した 内訳 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|-------------|------|----|----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ミカンキイロ | 3 | 15 | 18 | 27.7 |
| ヒラズハナ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ネギ | 3 | 11 | 14 | 21.5 |
| ミナミキイロ | 2 | 8 | 10 | 15.4 |
| チャノキイロ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| オス | 0 | 3 | 3 | 4.6 |
| 合計 | 8 | 37 | 45 | 69.2 |

注)目視診断による付着総数は65頭

表 21 デンドロ(未学習)を誤検出した割合

| 誤検出した 内訳 | 誤検出数 | | | 割合 (%) |
|-------------|------|-----|-----|-----------|
| | 施設内 | 野外 | 合計 | |
| ミカンキイロ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ヒラズハナ | 82 | 127 | 209 | 25.6 |
| ネギ | 14 | 13 | 27 | 3.3 |
| ミナミキイロ | 1 | 0 | 1 | 0.1 |
| チャノキイロ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| オス | 1 | 0 | 1 | 0.1 |
| 合計 | 98 | 140 | 238 | 29.1 |

注)目視診断による付着総数は818頭

(2) 診断時間および経費の検証

1) 診断時間の検証

トラップに捕虫されたアザミウマ頭数と診断にかかった時間から散布図を作成した(図13~15)。目視診断にかかる時間はアザミウマ頭数と比例して増加し、アザミウマ1頭あたりの所要時間は、新任者で約76秒(図巻等で同定方法を確認しながら実施)、

熟練者で約18秒であった。自動診断にかかる時間のうちスキャン(2,400dpiで実施)の時間は平均272秒、アプリ処理の時間は平均8秒、合計で平均280秒であった。なお、自動診断時間はアザミウマ頭数の影響は受けず、誤差2秒以内とほぼ一定であった。

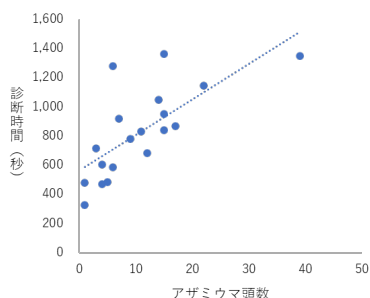


図13 新人者の診断所時間

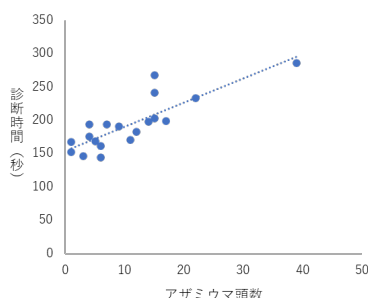


図14 熟練者の診断所要時間

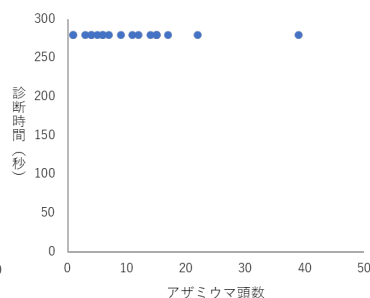


図15 自動診断の所要時間

2) 自動診断にかかる経費の検証

自動診断を行うために新たに必要となる機材等の価格は、トラップを高解像度で画像化が可能なスキャナーが約8万円、アプリケーションを実行するための高性能GPUを搭載したPCが約29万円の合計37万円である(表18)。

表19 自動診断に必要な機材の価格

| 機材名 | 主な仕様 | 参考価格(円) | 備考 |
|-------------------------------|--|---------|----------------------------------|
| フラットヘッドスキャナー EPSON GT-X980 | CCD方式 高額解像度6,400dpi | 79,200 | エプソンダイレクトショップ掲載価格 2025.1.10時点 |
| 診断用PC DAIV R6-I9G70SR-A | CPU;インテルCorei9 メモリ;32GB GPU;NVIDIA GeForce RTX 4070 Laptop | 289,800 | マウスコンピューターHP掲載価格 2025.1.10時点 |
| 診断アプリケーション | 主要アザミウマ5種+オスを診断可能 windows版 | | |

※一般的なPCに内蔵されたGPUであってもアプリケーションの実行は可能であるが、診断にかかる時間が画像1枚あたり数十分必要となるため、ここでは高性能GPUを搭載したPCで経費を算出した。

4. 考察

(1) 診断精度

診断アプリは施設内に設置したトラップの診断を目的に開発したものであるが、露地栽培への応用の可能性などを考慮して、今回の実証では施設内と野外にトラップを設置し、検証を行った。

診断精度に大きな影響を与えたのは誤検出であった。誤検出した対象のうち数が多かったのは、AIに学習させていない3種類のアザミウマ(ハナアザミウマ、ビワハナアザミウマ、デンドロアザミウマ亜科と思われるアザミウマ)で、主にネギやヒラズハナと誤回答された。これらは施設野菜で被害が問題となる種ではないものの、野外のトラップに多く付着していたため、野外で発生したものが施設内に侵入したと考えられる。なお、今回トラップを設置した施設ほ場はいずれも側窓に目合い1.0mm以下の防虫ネット

を展張していた。施設ほ場であっても防虫ネットの展張がない場合には、学習していないアザミウマなどの施設外からの飛び込みがさらに多くなり、診断精度がより低下する可能性がある。

同じく誤検出した数の多かった学習済みアザミウマのうちオスについては、ネギ、ミナミキイロ、チャノキイロと誤検出された。また、オスを誤検出した数が調査時期によって変化したことは、オスの体色の変化が影響していると推測される。ネギやミカンキイロは高温期と低温期で体色が変わることが報告されており、今回の調査でもネギのオスの体色が淡黄色から褐色へ変化したことで、他の学習済みアザミウマとして誤検出する割合が高まったと考えられる。また、ヒラズハナに関して、診断アプリ開発の際に行った精度の検証では診断精度が高かったが、今回の検証では低い結果となった。これは、診断アプリ開発時の検証は4～6月に実施したのに対して、今回の検証は10～12月のハナアザミウマの発生が多い時期に実施し、これを誤検出したためだと考えられる。これらのことから診断精度の検証は、発生するアザミウマ類の種構成や体色の変化など季節的な要因も考慮して周年で実施する必要があると考えられる。

見逃しについては確認されたものの、その内容は学習済みアザミウマを他の学習済みアザミウマと誤回答することに伴う見逃しが多く、トラップに付着した学習済みアザミウマを計数しないケースは少なかった。

診断精度の評価方法について、決定係数 R^2 はトラップに捕虫されたアザミウマ頭数による影響が大きく、実証期間を通じて少発生だったアザミウマ類では低くなった。また、絶対誤差は問題となるアザミウマが少発生の場合と多発生の場合では同じ数値であっても重要度が異なる。今回の実証では使用目的やアザミウマの発生量に応じた評価ができていないため、手法を検討する必要がある。

(2) 診断所要時間

自動診断の所要時間は、アザミウマの捕虫数に関係なく約280秒であった。目視診断の所要時間は、アザミウマ1頭あたりの所要時間から算出すると、新任者では4頭程度、熟練者では16頭程度で自動診断と同等となる。そのため、トラップに捕虫された頭数がこれより多い場合は、目視診断の方が所要時間が長くなる。なお、目視診断の所要時間計測の際に人間の疲労(休憩時間)は考慮していないため、一度に診断するトラップの数や付着頭数が多い場合、目視診断の所要時間はより長くなると考えられる。

(3) 総合評価

現状の診断アプリの精度においては、使用する者の技術水準、トラップに捕虫されたアザミウマ数および使用目的に応じて、目視診断と自動診断を使い分けることが効率的であると考えられる。経験が浅く主要なアザミウマ類を正確に分類できない場合は、頭数によらず目視診断より診断アプリを使用する方が、トラップに付着するアザミウマ類

の真の値に近い数値に近づけると考えられる。熟練者の場合は、トラップを俯瞰し付着頭数が少ない場合は目視診断の方が早く、かつ正確である。一方で付着頭数が多い場合で、かつ診断目的が多少の誤差なら許容できる場合(中長期的な発生トレンドの把握など)には、自動診断を活用することで診断時間が削減できる。

5. 今後の課題

(1) 診断精度の検証の継続

発生するアザミウマ類の種構成や体色の変化が診断精度に大きな影響を与えることが確認されたため、精度検証を周年で実施し、診断精度に影響を与える要因を整理する必要がある。

(2) 追加学習

誤検出する対象の画像データを収集し、それらのデータを用いて追加学習を実施し、診断精度の向上を図る必要がある。

(3) 実用性の評価方法の検討

少発生の場面と多発生の場面では、同じ1頭の誤差であっても重要度合が異なるため、診断アプリを使用する目的、実用場面別に評価方法を検討する必要がある。

6. 要約

アザミウマ類を自動判別する画像診断アプリケーションについて、高知県内の施設栽培ほ場4か所(キュウリ、ナス、ピーマンおよびニラ)において診断精度と診断所要時間の検証を実施した。診断精度については、AIに学習させていないアザミウマ類や、学習させているアザミウマでも体色に変化した個体を誤検出することが精度を低下させる要因であった。これらの要因には季節性があると推察されるが、今回の検証は10~12月の期間でしか実施できていないため、精度の検証は周年で実施する必要がある。診断所要時間についてはトラップに捕虫されたアザミウマが多い場合は、熟練者よりも早く診断が可能であった。誤検出する対象のデータを追加学習し診断精度を高めることで、より実用性の高いものになると考えられる。

7. 成果の公表および特許

第69回日本応用動物昆虫学会において口頭発表(予定、2025年3月)