

# ICT利用による情報化農業確立のための害虫発生モニタリングシステムの開発 (142309008)

## Development of pest population monitoring system for establishment of information agriculture using ICT

### 研究代表者

有馬誠一 国立大学法人 愛媛大学  
Seiichi ARIMA Ehime University

### 研究分担者

上加裕子 国立大学法人 愛媛大学  
Yuko UEKA Ehime University

研究期間 平成 26 年度～平成 28 年度

## 概要

本研究課題では、害虫の発生状況の時系列データを得るべく、太陽光利用型植物工場における害虫発生モニタリングシステムを構築した。具体的には、既に広く普及している害虫捕殺粘着シート（以下、粘着シート）をデジタルカメラで撮影し、画像処理技術を用いて、捕殺された害虫のカウントを行った。これにより多地点・広範囲・高頻度で害虫発生状況の把握が可能となり、さらに、害虫発生状況のマップ化、及び気流循環のシミュレーション結果に基づいた分析によって、害虫の分布と拡大の傾向、発生源の特定、栽培環境との関係を提示することができた。

## 1. まえがき

農業において病害虫対策は必須であり、これまで主に化学農薬が用いられてきた。しかし、近年消費者の食の安全・安心への関心の高まりから、総合的病害虫管理 (IPM: Integrated Pest Management) が重視されている。IPM の確立には害虫発生予測の技術が不可欠であり、その一つとして害虫発生モニタリングシステムが挙げられる。

害虫発生モニタリングシステムは、施設内の各所に設置された粘着シートを物理的な防除のみでなく、害虫発生のモニタリングに用いることにより、害虫発生の予察を可能にするシステムである。粘着シートを撮影し、害虫カウントエンジンによって画像処理による害虫カウントが可能となる。得られたカウント結果は、害虫発生数をマッピングすることによって、太陽光利用型植物工場等の区画ごとの害虫数の把握を可能とするほか、蓄積されたデータを時系列に沿って確認することもできる。また、他の環境情報等との関連付けにより、栽培現場における害虫の発生・侵入経路の考察を行い、複数のデータのフィードバックによる、栽培環境の改善が可能となる。本研究では害虫カウントエンジン及び粘着シート撮影の自動化、害虫発生モニタリングシステムサーバーの構築に取り組んだ。

## 2. 研究開発内容及び成果

### 2.1 害虫カウントエンジン

#### 2.1.1 機械学習による害虫カウントアルゴリズム

本研究では、粘着シートの画像を対象に、Convolution Neural Network を用いた機械学習による害虫カウントエンジンを開発した。まず、粘着シートの画像に対して、背景処理と画像サイズを調整し、特徴画像としてCb画像、輝度画像、Laplacian画像を作成した。次に手入力した害虫の座標データを元に害虫候補を抽出した後、41\*41画素の切り抜き画像内の害虫数に応じて、学習用サンプル画像データを作成した。今回得られたサンプル画像データ内の害虫数は最大4匹であった。最後に、作成したサンプル画像データを用いて学習を行った。なお、機械学習の設定は学習回数300回、学習係数0.001、中間層数5とし、サンプル画像データ数を1024枚単位で追加し、1024~4096枚において学習させた。また、画像内で黒色・画素数多をキノコバエ、茶色・画素数少をコナジラミと同定し、それ

ぞれ同様に学習を行った。性能評価実験として、それぞれの学習結果を用いたカウント結果と、人手によってカウントした実際の害虫数において、相関係数と誤差の標準偏差を求め、学習結果ごとのカウント精度の差を求めた。

#### 2.1.2 実験結果

データ数4096枚のときの正解データとカウント結果を比較すると、コナジラミでは相関係数0.84、標準偏差105.2となり、サンプル数増加に伴い精度の向上が見られた。キノコバエでは、相関係数0.68、標準偏差105.8と十分な精度が得られなかった。これは粘着シートに印刷された破線の影響と考えられ、破線のないシート面においては、相関係数0.97、標準偏差6.58と高い精度が得られた(図1)。また、1000匹以上捕殺された画像の場合、虫の重複で全て過少検出となった。本研究では、害虫数の多い教師データを学習させるべく5ヶ月間粘着シートを設置していたが、1000匹以下の画像を本システムに提供するためには、概ね3ヶ月ごとの粘着シートの張替が必要となる。この間隔は粘着材の劣化による捕殺低下を防ぐためにも一般的な数値である。以上から、これに準じて貼り替えを行うことにより、高い精度での害虫のカウントが実施できるものと考えられた。

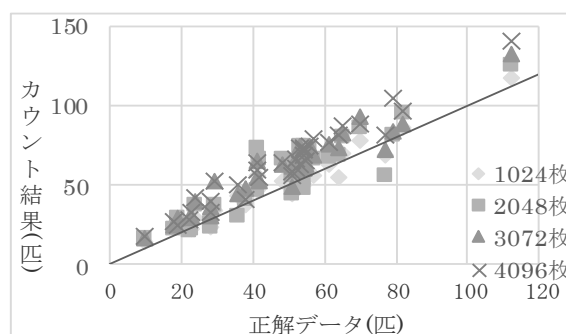


図1 カウント結果 (破線無,キノコバエ)

#### 2.1.3 体積比較による害虫カウント

害虫の体積測定による、さらなる害虫カウント精度向上の可能性について検討した。帯状にレーザー光を照射し、対象物の三次元形状を測定するレーザスキャナ (keyence、

LJ-V7200) を用いて粘着シートの表面をスキャンし、凸部(害虫)の体積を測定した。体積データを基に、害虫の重なり数(1~3匹)別に体積と発生割合のヒストグラムを作成し、判別分析法を用いて、害虫数毎の体積の閾値を求めた。その結果、1匹の対象体積0.10~0.90mm<sup>3</sup>、2匹の対象体積0.91~1.60mm<sup>3</sup>、3匹の対象体積1.61~2.30mm<sup>3</sup>となり、害虫数をカウントした。

測定の結果、害虫の体積は測定可能であり、害虫の重なりが無い場合には92.0%と高い検出精度が得られたものの、2匹が重なった場合51.6%、3匹が重なった場合41.0%となり、期待した精度は得られなかった。しかし、本研究で対象とした害虫はコナジラミ類とキノコバエ類で、農産物を害する虫のごく一部である。施設内ではアザミウマ類、露地作物では夜蛾などの大型の害虫も存在する。これらへの有効性については今後の検証が必要である。

## 2.2 粘着シートの自動撮影

自律走行ユニット上部に、デジタルカメラ(Keyence IV-500CA)、レーザ距離センサ(Keyence GV-H1000)を搭載し、粘着シートを自動撮影する画像入力ユニットを開発した。動作手順は、まず、枕地走行中に進入するレーンを検出し、旋回後レーンに進入する。パイプレール(温湯管)に乗り込んだことを認識すると、作業(自動撮影)プロセスを開始させた。レーザ距離センサの検出範囲:300~700mm、ONタイム:0.45sに設定し、一定の幅を持つ粘着シートを検出させ、走行ユニット停止後、撮影させた。画像のファイル名は「植物工場名\_直物工場内の位置情報\_撮影日時」とし、タッチパネルに挿入したCFカード内に取り込んだ。ここで、植物工場内の位置情報とは、進入通路番号と通路進入後の走行距離(従動輪に装着したエンコーダのカウント数)とした。

## 2.3 データ管理・分析システム

### 2.3.1 画像データ管理システム

自動撮影された粘着シートの画像をサーバに取り込み、画像処理アプリケーションの駆動、結果データを収集・蓄積・管理・閲覧するべく、サーバ用アプリケーション及びインターフェースを導入した。撮影日時ごとにフォルダ分けされ粘着シートの画像ファイルについて、害虫数のカウント処理、カウント結果の蓄積処理及びバックアップ処理を行う。蓄積された害虫カウント結果のデータは、データ分析ツール(Tableau Desktop)を利用し、設定期間における害虫発生状況の推移及び太陽光利用型植物工場内の害虫発生マップ、撮影ポイントにおける害虫発生数を表示可能となった。これにより、他の環境情報と併せて仮説検証を繰り返し行うことができる。

### 2.3.2 植物工場内の気流循環解析

キノコバエ類、コナジラミ類の繁殖状況を示す害虫マップと、太陽光利用型植物工場内の気流循環に関するシミュレーション結果を用いて、害虫繁殖と気流との関係、また、害虫の発生源の特定について考察した。その結果、壁際は無風状態にあり、キノコバエ類の繁殖に適した環境であること想定された。また、より現実に近い状態(作物の配置や空気抵抗、出入り口の配置、外気の風向など)での気流循環、及び害虫を想定した微粒子の微風下における移動状況についてシミュレーションを行った(図2)。害虫マップの実測データと比較分析を行ったところ、キノコバエ類は各栽培キューブ(培地)が発生源とみられ、植物工場外での育苗中に産卵されたものが、植物工場内で孵化したと考えられた。コナジラミ類については、作業者の出入りに乗じて入り口から侵入したものと考えられた。また、天窓直下の風向板設置、栽培ベッド付近への粘着シート設置が有効であることが明らかになった。

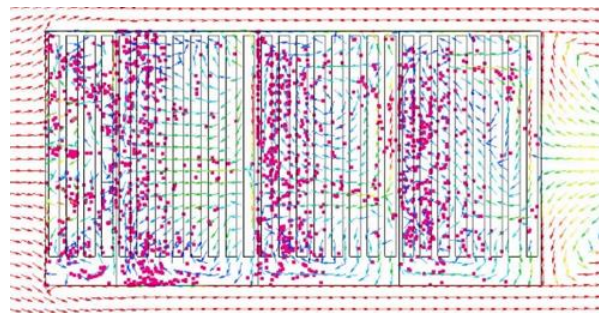


図2 キノコバエ類の移動状況シミュレーション

## 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

現在、農業資材メーカーとの共同研究において、光高反射型防草シート及び防虫ネットの開発を行っており、全国各地に設置された粘着シートの画像を用いて、害虫忌避効果の検証に使用中である。また、害虫モニタリングシステムと防除ロボットのセット販売の展開を目前し、防除関連メーカーと検討中である。

## 4. むすび

太陽光利用型植物工場における害虫の発生状況の時系列データを得るべく、害虫発生モニタリングシステムを構築した。多地点・広範囲・高頻度で害虫発生状況の把握が可能となり、また、害虫発生状況のマップ化、気流循環のシミュレーション結果に基づいた分析によって、害虫の分布と拡大の傾向、発生源の特定、栽培環境との関係を提示することが可能となった。

### 【誌上発表リスト】

- [1]有馬誠一、上加裕子、Shinde Dhanashri BALASO、“太陽光植物工場におけるマルチオペレーションシステムの開発—害虫捕殺粘着シート撮影による害虫検知ユニット—”、農業食料工学会誌、第77巻 第6号、pp470-476 (2015)
- [2]Shinde Dhanashri Balaso, Seiichi Arima, Yuko Ueka, Masahiro Kono, Nakagawa Yoshiyuki, Hiroshi Shimizu, Takayuki Hoshi, “Development of multi-operation system for intelligent greenhouse -An intelligent control of greenhouse automation by using growth diagnosis unit, pest detection unit and pollination unit-”、農業食料工学会関西支部報、第117号 pp36-39 (2015)
- [3]田邊祐基、有馬誠一、上加裕子、竹場裕城、“太陽光利用型植物工場における害虫発生モニタリングシステムの自動化”、農業食料工学会関西支部報、第121号、pp57-60 (2017)

### 【申請特許リスト】

- [1]有馬誠一、上加裕子、岡田英博、坂井義明、山本和彦、弓達武士、後田達哉、“農作業ロボット”日本、2016年3月17日、特願2016-054193
- [2]有馬誠一、上加裕子、岡田英博、坂井義明、山本和彦、弓達武士、後田達哉、“農作業ロボット”日本、2016年3月17日、特願2016-054194

### 【報道掲載リスト】

- [1]“情報研究事業に愛媛大を採択”、2014年7月19日
- [2]“農業ロボット、防除対策について”、NHK松山、「ひめポン」2016年7月6日

### 【本研究開発課題を掲載したホームページ】

- [1] URL : <http://web.agr.ehime-u.ac.jp/~brs/>