

画像処理による微小害虫の自動カウント

徳島県立農林水産総合技術支援センター ^{なか} 野 ^{あき} 昭 ^お 雄
 徳島大学大学院 ^{ふじわら} 藤原 ^{のぶゆき} 伸幸・寺田 ^{てらだ} 賢治 ^{けんじ}

はじめに

ハモグリバエ類やコナジラミ類等の微小害虫は主にトマト、ナス、キュウリ等の果菜類の施設栽培で発生し、加害する。海外から侵入してきた種が特に問題となっており、ハモグリバエ類ではマメハモグリバエとトマトハモグリバエ、コナジラミ類ではオンシツコナジラミ、タバココナジラミバイオタイプBとタバココナジラミバイオタイプQが本県はもとより国内の至る所で発生している。これらの微小害虫の特徴は、1点目に増殖能力が高いこと、2点目に高度に薬剤抵抗性を発達させていること、3点目に種によっては作物に対して病原性の高いウイルスを媒介することである。このことから、防除は発生初期の低密度時から実行することが重要である。しかしいったん、防除のタイミングを見誤れば発生が拡大し、数回の薬剤投入を余儀なくされる。これは薬剤抵抗性をさらに発達させ、不必要な、あるいは過剰な薬剤投入の悪循環を招いてしまう。

一方、近年生産現場で病害虫防除を実践する概念の一つとしてIPM（Integrated Pest Management：総合的病害虫管理）が定着しつつある。IPMは、「予防的措置」、「判断」と「防除」という三つの技術を基本要素としている（大岡，2007）が、「判断」、つまり生産者が防除要否およびタイミングを判断する技術は病害虫の発生状況を的確に把握しなければならず、そのための手法や技術の開発は最も遅れている。

さらに、10数年前よりこれら微小害虫を化学薬剤に頼らずに防除する手段の一つとして天敵製剤が高知県を中心とした施設栽培の生産現場で導入され、IPM体系の基幹アイテムとして位置づけられている。天敵製剤は化学薬剤とは異なり生物の食う食われるの関係を利用することから、害虫の低密度時から導入を図らなければ、高い防除効果が得られない。このことから、この製剤の利用においても微小害虫の発生モニタリングが重要なこ

とは言うまでもない。

本稿では果菜類の施設栽培で発生する微小害虫のIPMを効果的に実践するため、ハモグリバエ類を例として、その発生を生産者の誰もが認識できるようにする、画像処理技術を応用したモニタリングシステムを紹介する。

I 粘着トラップを利用した微小害虫の発生モニタリングと画像処理の応用

飛翔性の微小害虫であるハモグリバエ類やコナジラミ類は主に黄色系に、アザミウマ類は青色系に反応することが知られている（三宅ら，1991；青木，1992；多々良・古木，1993；鶴田ら，2001；水沼，2006）ことから、大量誘殺や発生状況をモニタリングするためにそれぞれに着色したプレート、シートやテープに粘着剤を塗布した資材が利用されている。

しかし、これらの資材にはターゲットとする微小害虫以外の昆虫なども捕獲される。このことは大量誘殺を目的とする場合には大きな問題とならないが、発生状況をモニタリングする場合には、様々な昆虫などの中からターゲットの微小害虫を識別し計数することは生産者には困難である。また、分類に習熟し見慣れた者でさえも数種類の微小害虫を識別し、計数するには相当な時間を費やす。例えば、柏ら（私信，2007）はトマト大規模生産施設（栽培面積：約8ha）において黄色の粘着プレート（商品名：ホリバー，図-1）を利用してコナジラミ類の発生状況を調査し、防除の判断に利用している。彼らは10a当たり1枚のトラップ、計80枚の調査に毎週約3時間（1枚当たり約2分半）もかけている。

このように、微小害虫の発生モニタリングに粘着プレートなど（以下、粘着トラップ）を利用する場合、ターゲットとする微小害虫の識別・計数に難点がある。これを克服するため、粘着トラップなどの画像をスキャナを使って取得し、それを画像処理することで計数する技術開発がコナジラミ類では古家・横山（2002）、クワシロカイガラムシでは佐藤ら（2005）によって試みられたが、現時点において生産現場では利用されていない。

Automatic Method of Counting Small Flying Insects using Image Processing Technology. By Akio NAKANO, Nobuyuki FUJIWARA and Kenji TERADA

（キーワード：画像処理，微小害虫，インターネットカメラ，粘着トラップ，モニタリング）



図-1 発生モニタリング用の黄色粘着トラップ

II インターネットカメラを利用した粘着トラップ画像の取得

粘着トラップで捕獲した微小害虫を画像処理で識別・計数するためには、デジタル画像を取得する必要がある。その機器には前述したスキャナのほかに、デジタルカメラとインターネットカメラが考えられる。スキャナは、三つの中では解像度は最も高いが、操作に手間がかかり扱いにくい。デジタルカメラは、解像度はスキャナよりも落ちるが、安価で手軽に撮影することができる。しかし、撮影者の撮影技術によっては一定の画像を取得するのが困難なときもある。インターネットカメラは、三つの中では解像度が最も低く、高価である。しかし、遠隔地においても自動操作が可能のため、最近では防犯や監視用に公共の場所などで設置、利用されている。本研究では、インターネットカメラを野菜類などの栽培施設内に設置することを想定し、当機器が粘着トラップを自動で探索、撮影し、画像処理する一連のシステムを構築した。

まず、インターネットカメラによる粘着トラップの自動探索には、パン（左右移動）とチルト（上下移動）機能を用いる。次に少しでも解像度の高い画像を取得するために、ズーム機能を用いて粘着トラップ画像を分割しながら撮影したうえで、それぞれを合成した画像を作成する。なお、本研究では粘着トラップに黄色粘着プレート（商品名：ホリバー）を用いた。

1 粘着トラップ画像の探索

施設内に設置したインターネットカメラで画像を撮影

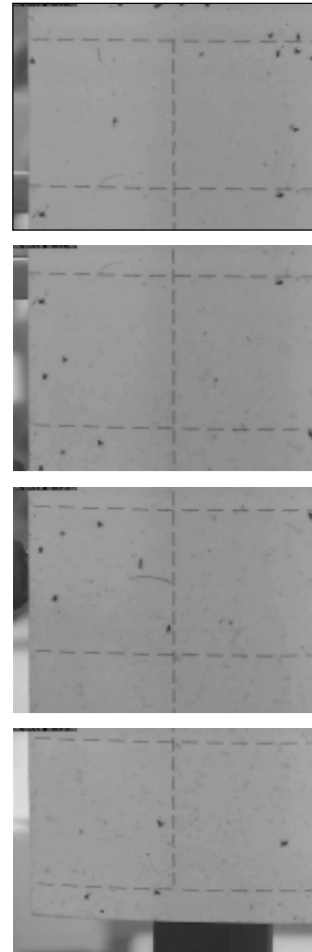


図-2 インターネットカメラで分割して取得した粘着トラップの画像

し、画像中に黄色領域があるかどうかを判定する。この処理では HSV 色空間（色相，彩度，明度の三つの成分からなる色空間）を用い（田村，1985），ある一定範囲内の色相と彩度（Hue : 44-71，ただし Sat : 0-52 を除去）をもつ画素を抽出する。このパラメーターは粘着トラップの黄色領域に相当する。もし黄色領域がない場合、インターネットカメラのパンとチルト機能によりひし形を描くように撮影範囲を移動し、黄色領域を探索する。具体的には、ひし形の角でいったん静止し、黄色領域の有無を判定する。黄色領域を発見するとその領域のみを抽出し、面積（画素数）を計測する。計測値がある一定以上になると粘着トラップと判定し、探索を終了する。

2 粘着トラップ画像の合成

粘着トラップを検出した後、撮影範囲内に黄色領域がほぼ満たされるまでズームインする。次に、粘着トラッ

プの上端部分が画像の上部に入るように撮影範囲を上方向に移動させる。そこから下方向に一定間隔で移動させながら、画像を取得していく。粘着トラップの下端が検出されれば画像の取得を終了する。取得した画像の例を図-2に、得られた画像をつなぎ合わせた合成画像の例を図-3に示す。この図-3の画像を用いてハモグリバエ類の検出を行う。

III ハモグリバエ類の識別・計数

粘着トラップからハモグリバエ類を検出する前処理として HSV 色空間を用いて黄色領域と背景部分を除去する。識別には、テンプレートマッチング（加藤，2005）という画像処理の1手法を用いた。テンプレートマッチングとは、認識しようとする対象物の代表画像をテンプレ

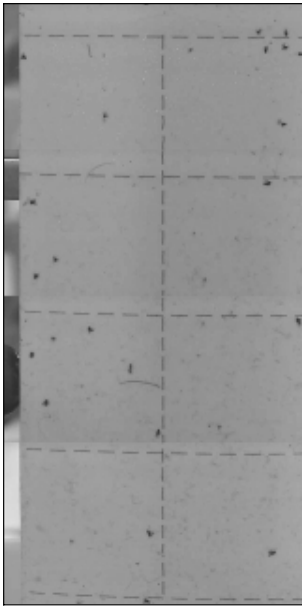


図-3 プログラムにより合成された粘着トラップの画像

プレートとして用い、対象画像の各部分との類似度を計算することによって対象物の画像中の位置を検出することで識別する処理法である（図-4）。図-5のような画像に対して三角形のテンプレートで同法を用いると右のように類似度の高い箇所が濃く表示され、そのテンプレートに形が類似していることが示される。

今回のテンプレート画像には図-6に示したあらかじめ撮影したトマトハモグリバエ成虫4頭分の画像を用いた。1個のテンプレート画像の大きさは21×21画素とした。これらテンプレートを0°，90°，180°，270°回転して計16回のテンプレートマッチングを行い、それぞれの類似度の論理和（以下、マッチ度）を求める。一方で、粘着トラップに付着したゴミを含めた対象画像それぞれの面積、つまり画素数を計測し、分布化する。正規分布の頂点は100ピクセルとなり、それを16ポイントとし、それぞれの画素数を得点化する。この得点とマッチ度を合わせてハモグリバエ類の特徴量を算出する。以上のように、今回の画像処理では粘着トラップに捕獲したハエを1頭ごとに判別するのではなく、特徴量の合計値を捕獲数とした。

IV 有効性の検証

上記のプログラムの有効性を検証するため、粘着トラ

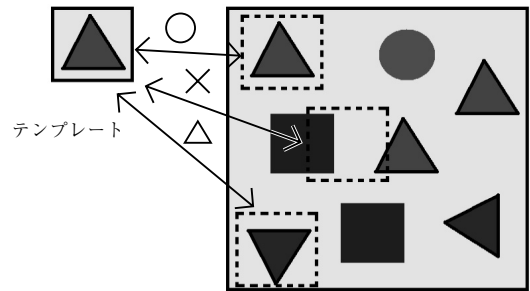


図-4 テンプレートマッチングについて

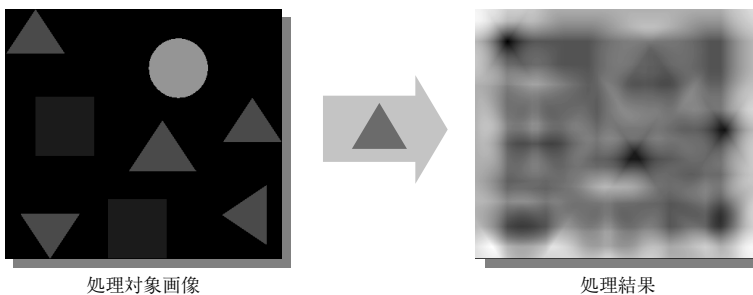
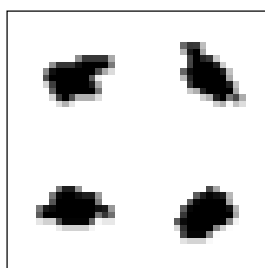


図-5 テンプレートマッチングによる画像処理



四つのテンプレート

図-6 ハモグリバエ類の画像処理に用いるテンプレート

表-1 開発したシステムの距離別検出精度

距離 ¹⁾	ハモグリバエ類の検出 (ハモグリバエ類/虫)		
	システム	目視 ²⁾	検出率 ³⁾
1 m	15.6/19	16/20	74.3
2 m	20.6/23	21/28	98.1
3 m	12.6/14	12/16	60.0
4 m	10.6/15	12/16	50.5
5 m	4.8/6	13/15	22.9

¹⁾ 粘着トラップとインターネットカメラ間の距離。

²⁾ 実捕獲数：ハモグリバエ類 21 頭、その他の虫 28 頭。

³⁾ 検出率＝システムが検出したハモグリバエ類数/ハモグリバエ類実捕獲数×100。

ップで捕獲したハモグリバエ類を識別・計数した事例を示す。口絵に示した3枚の画像はデジタルカメラ（キヤノン社製 Eos, 解像度：約 120 万画素）を用いて撮影した。No. 3 はほかよりもやや引いて撮影した。粘着トラップにおける1枚当たりのハモグリバエ類捕獲数は、No. 1 は 33 頭、No. 2 は 7 頭、No. 3 は 7 頭であった。これに対して、プログラムで識別・計数した場合には、No. 1 は 30.4 頭、No. 2 は 7.2 頭、No. 3 は 11.7 頭となった。前者を 100 とした場合、後者の値は No. 1 では 92.2, No. 2 では 103.3 と 100 に近かったが、No. 3 では 166.7 となり精度が低かった。この原因としては、撮影画像が他の2枚よりも鮮明でなかったためにテンプレートマッチングに誤差が生じたのではないかと考えられた。

次に、実験室内にインターネットカメラ（パナソニック社製 BB-HCM381, 解像度：約 30 万画素）を設置し、粘着トラップを 1 m おきに 5 m まで撮影した。撮影し

た画像におけるハモグリバエ類をプログラムで識別・計数した。その結果、表-1 に示したように粘着トラップに捕獲された昆虫類の総数は 28 頭、そのうちハモグリバエ類は 21 頭であった。カメラと粘着トラップの間が 1 m の場合、接近しすぎたためか、粘着トラップの全体像が完全に撮影できておらず、その画像を目視した場合においてもハモグリバエ類は 20 頭しか確認できなかった。2 m の場合は目視で完全にハモグリバエ類の捕獲数がとらえられ、プログラムを用いた場合においても 20.6 頭と 98.1% の高い検出率が確認できた。3 m 以上は目視でも半分程度、もしくはそれ以下しか確認ができなかった。

お わ り に

最近、大塚アグリテクノ株式会社は施設で利用できる遠隔監視制御システム（商品名：大塚ミテルン）を開発、上市した。このシステムではインターネットを経由して遠隔地においても温湿度センサーなどで施設内の気象情報を、インターネットカメラで作物の栽培状況を管理できる。また、天窓、側窓の開閉などの制御もできる。筆者らが構築したシステムはこのシステムを活用することで将来的には実現できると考えていることから、現在検討を図っているところである。また、これまで識別・計数する対象害虫には、ハモグリバエ類よりも微小なコナジラミ類、アザミウマ類とクワシロカイガラムシを検討してきたが、現時点では精度の低い点が課題となっている。例えば、コナジラミ類の場合には、翅に粘着剤が浸透し、虫体画像がとらえにくい場合がある。今後、実用化を図るためには、新たな画像処理による識別・計数のほかに、画像処理に適した粘着トラップの改良や設置方法等も取り組みたいと考えている。

引 用 文 献

- 1) 青木克典 (1990): 今月の農業 36(1): 107 ~ 113.
- 2) 古家 忠・横山 威 (2002): 応動昆 (講要) 46: 6.
- 3) 加藤丈和 (2005): 人工知能学会誌 20(6): 675 ~ 683.
- 4) 三宅律幸ら (1991): 関西病虫研報 33: 84.
- 5) 水沼正好 (2006): バイオコントロール 10(2): 12 ~ 16.
- 6) 大岡高行 (2007): 植物防疫 61: 686 ~ 690.
- 7) 佐藤安志ら (2005): 平成 17 年度野菜茶業研究成果情報, 近畿中国四国農業試験研究推進会議, 福山, p. 61 ~ 62.
- 8) 田村秀行 (1985): コンピュータ画像処理入門, 総研出版, p. 62.
- 9) 多々良明夫・古木孝典 (1993): 今月の農業 37(10): 73 ~ 77.
- 10) 鶴田伸二ら (2001): 九病虫研会報 47: 103 ~ 107.