

## Automatic Discrimination of Insect Pests of Foods by Image Recognition

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-12-20 キーワード (Ja): キーワード (En): Insect pest of foods, Image recognition, Similarity, Discrimination 作成者: 曲山, 幸生, 七里, 与子, 塚田, 佳苗, 宮ノ下, 明大, 今村, 太郎, 古井, 聡, 和田, 有史, 石山, 罌 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00002972">https://doi.org/10.24514/00002972</a>

技術報告

画像認識技術による食品害虫の自動判別

曲山幸生<sup>1\*</sup>, 七里与子<sup>1</sup>, 塚田佳苗<sup>1</sup>, 宮ノ下明大<sup>1</sup>, 今村太郎<sup>1</sup>, 古井聡<sup>1</sup>,  
和田有史<sup>1</sup>, 石山墨<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所  
〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

<sup>2</sup> 日本電気株式会社 情報・メディアプロセッシング研究所  
〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部1753

Keywords : 食品害虫, 画像認識, 類似度, 判別

**Automatic Discrimination of Insect Pests of Foods by Image Recognition**

Yukio Magariyama<sup>1\*</sup>, Kumiko Shichiri<sup>1</sup>, Kanae Tsukada<sup>1</sup>, Akihiro Miyanoshita<sup>1</sup>,  
Taro Imamura<sup>1</sup>, Satoshi Furui<sup>1</sup>, Yuji Wada<sup>1</sup>, and Rui Ishiyama<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization  
2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-862, Japan

<sup>2</sup> Information and Media Processing Research Laboratories, NEC Corporation  
1753, Shimonumabe, Nakahara-Ku, Kawasaki, Kanagawa 211-8666, Japan

**Abstract**

We developed a discrimination system for insect pests of foods. It consists of an originally developed computer program that calculates a similarity between two images, and a reference image library of 8 species of insect pests: *Sitophilus zeamais*, *Callosobruchus chinensis*, *Tribolium castaneum*, *Lasioderma serricornis*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Rhyzopertha dominica*, *Plodia interpunctella*, and *Sitotroga cerealella*. To characterize the discrimination system, we took 300 test pictures of 10 insect species: *Cryptolestes pusilloides*, *Cadra cautella*, and the 8 species mentioned above. The discrimination system made correct answers to them at 89 % in the simplest discrimination method in which the solution is the insect showing the highest similarity in the reference library. The percentage of correct answers for *P. interpunctella* was very low, 33 %, however. In addition to technical problem, some other problems such as securing remained to be fixed. Therefore, we conclude that the official service cannot be carried out by the present discrimination system.

Keywords: Insect pest of foods, Image recognition, Similarity, Discrimination

---

\* 連絡先 (Corresponding author), maga@affrc.go.jp

## 緒言

食品工場、倉庫、小売店、レストラン等では、食品に昆虫が混入すると組織存続の危機に関わる大問題に発展しかねない。多くの事業者は問題が起こる前に普段から綿密な対策を立てているが、それでも対策の穴を完全になくすことは難しく、時に昆虫混入事例が発生することがある。その際、それをいち早く発見して、混入した昆虫と混入経路を同定し、対策を改良することが必要である。この努力を常に継続しているという姿勢を消費者が知れば、その事業者を信頼するようになるだろう。

一方、昆虫混入は家庭でも発生する。常温で保管している、米、小麦粉、乾燥麺類、菓子類、茶等に混入する危険性が高い。食品に昆虫が発生した時、家庭でも、その昆虫がどこからいかにして侵入してきたかを知ることができれば、混入しにくい保管方法に変えることができる。そのような本格的な対策を講じないまでも、混入した昆虫が健康被害を引き起こす危険性を知りたいのは当然である。また、家屋内で見かけた昆虫が、保管している食品から発生しているかもしれないと不安になることもある。

以上のような状況を考えると、食品に混入した昆虫の同定（厳密な場合もあれば、大まかでよい場合もある）が必要とされる場面は多い。このような需要に応えるため、昆虫を同定する専門業者が存在している。しかし、専門業者が提供するサービスは事業者向けのため、高額で時間がかかる。家庭で利用する時はもちろん、業務で利用する時でも、厳密性は低いが、低額で気軽に使えるサービスへの需要もあると思われる。

そこで、我々はそのようなサービスの技術的な基盤を確立するために、画像による食品害虫判別への取り組みを開始し、2年前に第1報<sup>1)</sup>を報告した。ここでは、2画像間の類似度を算出する独自の食品害虫用判別プログラムと、4種類の昆虫（コクゾウムシ、コクヌストモドキ、タバコシバンムシ、ノシメマダラメイガ）に対する参照画像集から構成される判別システムを開発した。

本報では、その後、参照画像を増やした判別システムで、前報よりも詳細な検討を行った結果を報告する。また、判別技術以外の課題についても述べる。

## 実験方法

### 1. 類似度算出プログラム

判別の基本となる昆虫画像間の類似度を算出するプログラムは、著者のひとり（石山）が作成した。これは前報<sup>1)</sup>で報告したものと同一で、主に輪郭の情報を利用する。このプログラムと参照画像集を実装した試験判別システムを農研機構食品総合研究所に設置し、本研究に使用した。プログラムは、参照画像名、参照画像、参照昆虫、類似度の情報を、類似度の高い順に出力する（図1）。

### 2. 参照画像集

参照画像を撮影するために、農研機構食品総合研究所で飼育している8種類の昆虫（表1：コクゾウムシ、アズキゾウムシ、コクヌストモドキ、タバコシバンムシ、ノコギリヒラタムシ、コナナガシクイムシ、ノシメマダラメイガ、バクガ）を用いた。その

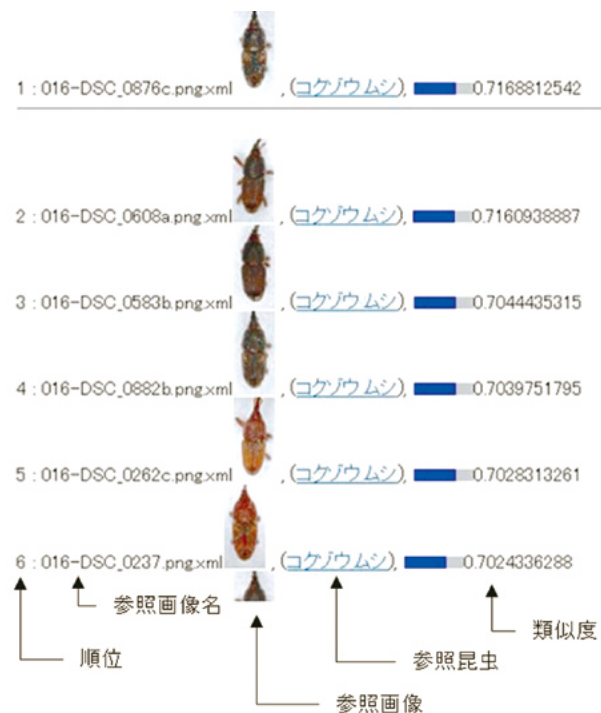


図1. 判別プログラムの出力例

試験画像（IMGPI357、コクゾウムシ、デジカメ自由方向）を判別プログラムに入力して得られた結果の先頭部分を示した。参照画像名、参照画像、参照昆虫、類似度の情報を類似度の高い順に表示する。

表 1. 本研究に使用した昆虫

分類目 昆虫名 学名 試験画像数 参照画像数	食品害虫サイト の画像	分類目 昆虫名 学名 試験画像数 参照画像数	食品害虫サイト の画像
コウチュウ コクゾウムシ <i>Sitophilus zeamais</i> 10×3 400		コウチュウ アズキゾウムシ <i>Callosobruchus chinensis</i> 10×3 400	
コウチュウ コクヌストモドキ <i>Tribolium castaneum</i> 10×3 400		コウチュウ タバコシバンムシ <i>Lasioderma serricorne</i> 10×3 400	
コウチュウ ノコギリヒラタムシ <i>Oryzaephilus surinamensis</i> 10×3 400		コウチュウ コナナガシクイムシ <i>Rhyzopertha dominica</i> 10×3 400	
チョウ ノシメダラメイガ <i>Plodia interpunctella</i> 10×3 400		チョウ バクガ <i>Sitotroga cerealella</i> 10×3 400	
コウチュウ ハウカクムネヒラタムシ <i>Cryptolestes pusilloides</i> 10×3 -		チョウ スジマダラメイガ <i>Cadra cautella</i> 10×3 -	

ハウカクムネヒラタムシとスジマダラメイガは、参照画像集には含まれていない。ハウカクムネヒラタムシは図鑑に登録されていないので、本研究で撮影した画像を掲載した。

後、前報<sup>1)</sup>で報告した方法を用いて、参照画像を撮影した。参照画像数は、それぞれ400ずつである。

### 3. 試験画像の撮影

試験画像を撮影するために、参照画像に用いた8種類の昆虫に2種類（ハウカクムネヒラタムシ、スジマダラメイガ）を加え、合計10種類の昆虫（表1）を用意し、参照画像用昆虫と同様に、冷凍庫（-20℃）で24時間以上放置後、結露がなくなるまで常温に置いて、撮影用サンプルとした。参照画像集に含まれない昆虫を試験昆虫に加えた理由は、実際の適用場面では想定外の昆虫を処理する可能性があり、その場合にどのような判別結果が得られるのかを確認するためである。

用意した昆虫サンプルを、次の3つの条件で撮影した。

#### ① 顕微鏡

参照画像と同じ方法を用いて撮影した。

#### ② デジカメ背面

昆虫サンプルを濾紙（ADVANTEC, No2, 90 mm）の上に背を上にして置き、コンパクトデジタルカメラ（Pentax Optio WG-2）の顕微鏡モードを用いて撮影した。

#### ③ デジカメ自由方向

昆虫サンプルを濾紙（ADVANTEC, No2, 90 mm）の上に向きを気にせずに置き、コンパクトデジタルカメラ（PENTAX Optio WG-2）の顕微鏡モードを用いて撮影した。

### 4. クラスタ分析

大村の教科書<sup>2)</sup>に従って解析した。すなわち、試験画像に対する参照画像の類似度TOP100の件数を基に、

試験昆虫間の相関係数を求め、正の相関が強い順に組を作った。組と組の間の相関は、それに含まれる要素間の相関係数の平均とした。

## 5. 試験的サービス

2013年10月16日から、食品害虫サイト内に「食品害虫を写真で検索」というページを設け、利用者から写真を電子メール送ってもらい、判別結果を電子メールで回答するというサービスを実施した。回答メールには、判別プログラムで最も類似度の高かった昆虫名とコメントを記載した。

## 実験結果および考察

### 1. 判別技術

試験画像300枚（試験昆虫10種類×撮影条件3×10枚）と、参照画像3,200枚（参照昆虫8種類×400枚）との間の類似度（合計96,000件）を判別プログラムにより求めた。図1は判別プログラムの出力例である。これを基に、判別システムの特性を解析した。

#### (1) 判別システムの正答率

本研究で開発した判別システムを用いて最も簡単に判別を下す方法は、類似度が最も高かった参照昆虫を判別結果とすることである。表2に、この方法で判別した結果をまとめた。全8種類の試験昆虫の正答率は89%だが、ノシメマダラメイガは33%で、極めて正答率が低かった。ノシメマダラメイガの誤答はすべてバクガであった。一方、バクガの正答率は100%であった。この結果を解釈すると、この判別システムでは、

ノシメマダラメイガはバクガに似ているが、バクガはノシメマダラメイガに似ていないと判断したことになる。なぜこのような判別が生じるのか、今後検討が必要である。

前述の判別方法を用いた場合の対応する類似度を図2に示した。これから、試験昆虫ノシメマダラメイガに対して、誤答（図2の▲）した時の類似度が正答した時と同程度であることがわかった。試験昆虫アズキゾウムシに対する正答率は93%だが、ノシメマダラメイガと同様に、誤答した時の類似度は高かった。

その他の6種類の試験昆虫では、誤答した時の類似度は、正答した時よりも低かった。したがって、この6種類に関しては類似度の値によって判別できると考えられる。

#### (2) 類似度分布

図3は、本研究で算出したすべての試験画像と参照画像との間の類似度を、昆虫の種類別にまとめた度数分布図である。例えば、図3(a)は、試験昆虫コクゾウムシの画像(30枚)と、8種類の参照昆虫の画像(各400枚、合計3,200枚)との間の類似度の分布を示している。

試験昆虫コクゾウムシ画像と参照昆虫コクゾウムシ画像との類似度の分布は、二つの分布が重なっているように見える(図3(a))。つまり、平均値0.55のメインの分布と平均値0.70の小集団の分布である。それ以外の参照昆虫に対する類似度分布はほぼ対称で、平均値0.50から0.55の単一の分布であると考えられた。このような分布は、コクヌストモドキ(図3(c))、ノコギリヒラタムシ(図3(e))、コナナガシンクイム

表2. 最大類似度の参照昆虫を判別結果としたときの正答率

試験昆虫	自由方向		背面		顕微鏡		全条件		%
	正	誤	正	誤	正	誤	正	誤	
コクゾウムシ	9	1	10	0	10	0	29	1	97
アズキゾウムシ	10	0	8	2	10	0	28	2	93
コクヌストモドキ	9	1	9	1	10	0	28	2	93
タバコシバンムシ	10	0	10	0	10	0	30	0	100
ノコギリヒラタムシ	8	2	10	0	10	0	28	2	93
コナナガシンクイムシ	10	0	10	0	10	0	30	0	100
ノシメマダラメイガ	5	5	0	10	5	5	10	20	33
バクガ	10	0	10	0	10	0	30	0	100
合計	71	9	67	13	75	5	213	27	89



シ (図3 (f)) でも見られた。

試験昆虫タバコシバンムシ画像と参照昆虫タバコシバンムシ画像との類似度の平均値は0.75で、他の参照昆虫に対する類似度の平均値 (0.45から0.6) よりも顕著に大きかった (図3 (d))。ただし、その分布は対称であった。このような分布は、バクガ (図3 (h)) でも見られた。

以上の6種類の昆虫の場合は、適当な閾値を定め、それ以上の類似度を示す参照画像があれば、それが判別結果であると判断してよい。ちなみに、この6種類の昆虫は、前項で述べた最大類似度の値が正答と誤答とで差があった6種類と同一であった。

一方、試験昆虫アズキゾウムシ画像と参照昆虫アズキゾウムシ画像との類似度の分布は、その他の参照昆虫に対する類似度分布と大きな違いはなく、判別は困難だろうと思われた (図3 (b))。このような分布は、ノシメマダラメイガ (図3 (g)) でも見られた。

この結果から、各試験画像に対する類似度3,200のうち、上位の類似度の部分を抽出して解析すると、違いが強調されて、各試験昆虫に対する判別システムの特徴を顕著に表すことができると考えられた。そこで、以下では、各試験画像に対する類似度の上位100

を取り出して解析する。

### (3) 類似度を基礎とした昆虫の分類

表3に各試験画像に対する類似度TOP100の件数をまとめた。このデータを基に、試験昆虫に対してクラスター分析を行い、得られた分類を樹形図の形式で表したものが図4である。

参照画像集に含まれる8種類の昆虫に対して、以下の順に相関が高かった (図4 (a))。

- ① ノシメマダラメイガとバクガ (相関係数: 0.93)
- ② アズキゾウムシとタバコシバンムシ (相関係数: 0.19)
- ③ コクヌストモドキとコナナガシクイムシ (相関係数: 0.05)
- ④ ①とノコギリヒラタムシ (相関係数: 0.02)
- ⑤ ②とコクゾウムシ (相関係数: -0.14)
- ⑥ ④と③ (相関係数: -0.14)

この結果は、本研究で開発した判別システムが、上記の順に似た判別結果 (類似度) を出力することを示している。つまり、図4は本判別システムの間違えやすさを表していると言することができる。

なお、類似度TOP100の件数ではなく、類似度

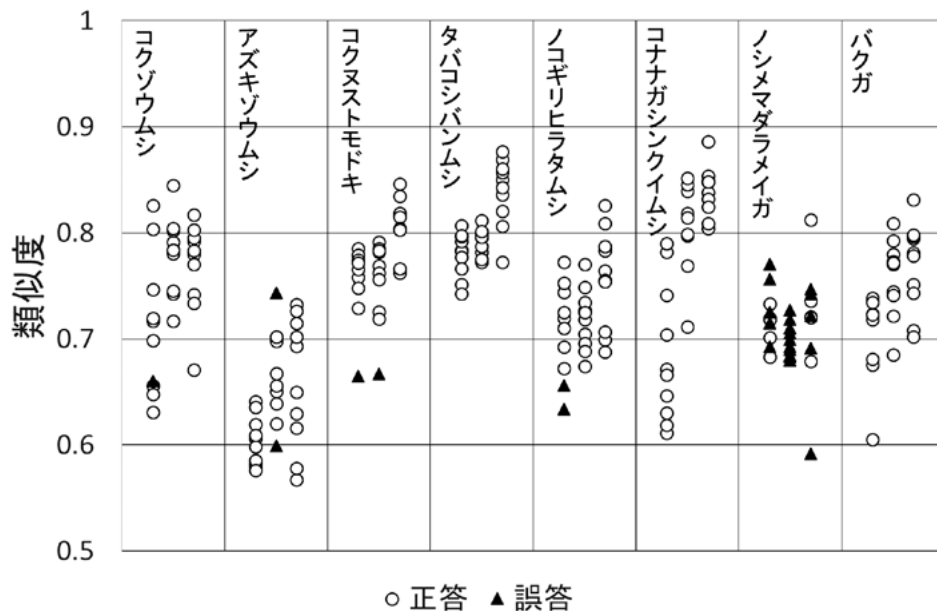


図2. 各試験画像に対する最大類似度

各試験画像 (試験昆虫8種類×撮影条件3種類×試験画像10枚=240点) に対する最大類似度を、試験昆虫別、撮影条件別に示した。撮影条件は、各試験昆虫の左から、デジカメ自由方向、デジカメ背面、顕微鏡である。

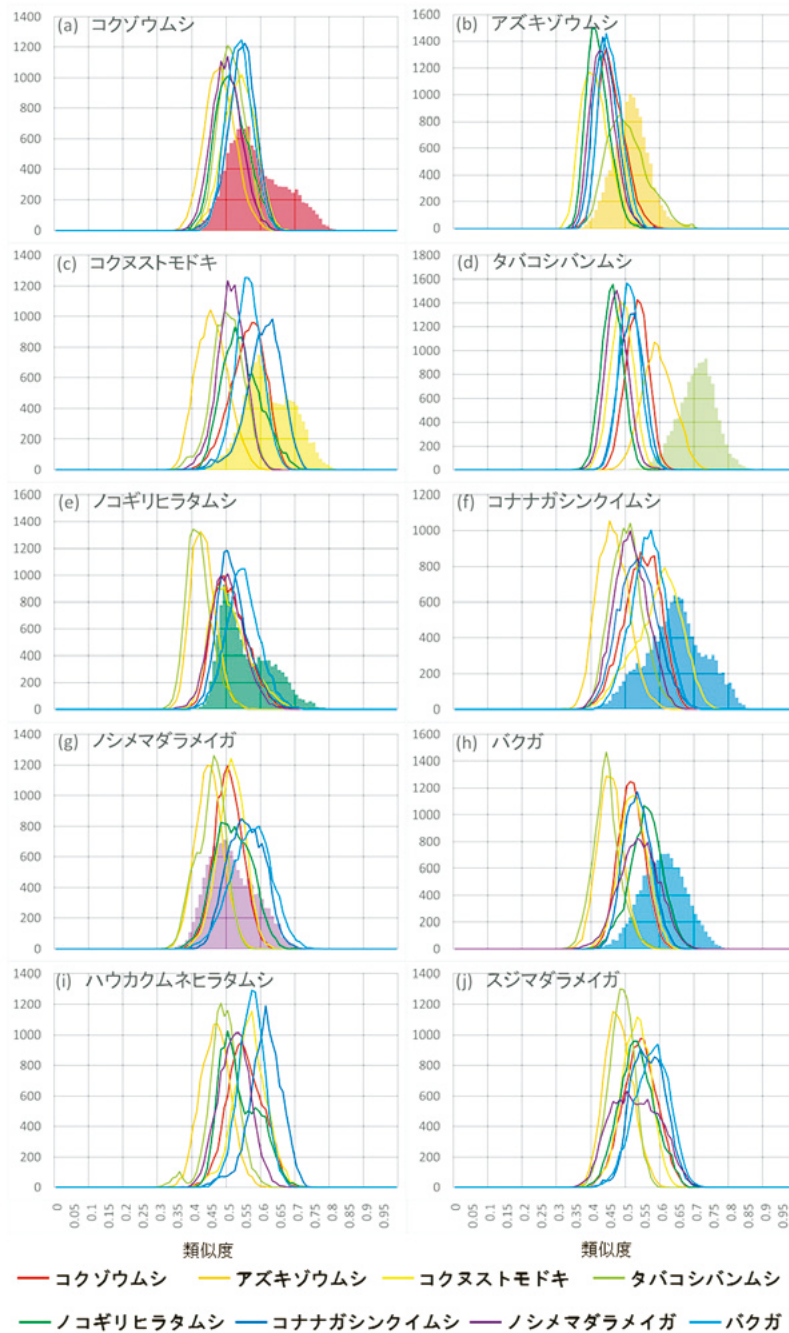


図3. 試験画像に対する類似度の分布

試験昆虫10種類の画像各30枚と、参照昆虫8種類の画像各400枚との間の類似度の分布を、参照昆虫別（色で区別）に示した。塗りつぶしで示した分布は、試験昆虫と参照昆虫が同じ場合である。

TOP100の類似度の合計を基に同じ解析を行っても、ほとんど同じ結果が得られた（データは示していない）。

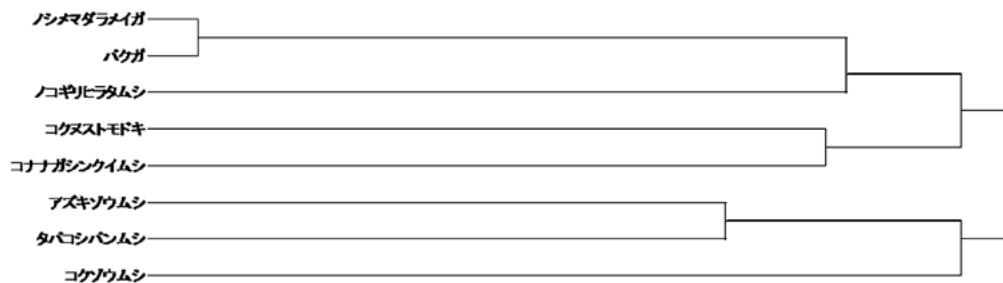
#### (4) 撮影条件の影響

各試験画像に対する最大類似度を、試験昆虫別、撮影条件別に示したのが、図2である。図2の各試験画像に対する最大類似度を類似度TOP100まで拡張して

表 3. 類似度 TOP100 の件数

試験昆虫	参照昆虫							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
①コクヌストモドキ	2747	36	3	89	4	55	1	65
②アズキノウムシ	71	2122	0	716	7	0	45	39
③コクヌストモドキ	2	0	2447	2	121	379	11	38
④タバコシバンムシ	0	5	0	2995	0	0	0	0
⑤ノコギリヒラタムシ	23	0	156	0	2342	25	42	412
⑥コナナガシクイムシ	136	4	160	8	37	2580	4	71
⑦ノシメダラメイガ	40	25	9	16	201	403	655	1651
⑧バクガ	0	0	0	0	53	7	171	2769
⑨ハウカクムネヒラタムシ	187	0	175	0	278	2050	20	290
⑩スジマダラメイガ	211	4	14	0	221	563	732	1255

(a)



(b)

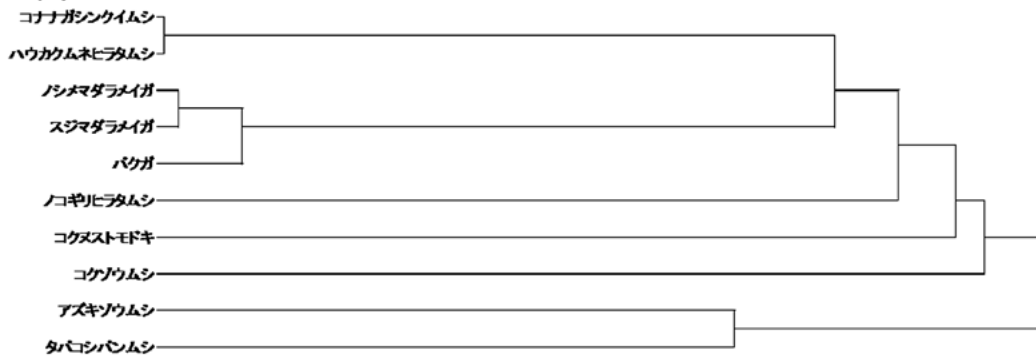


図 4. 類似度 TOP100 のデータを基にした分類

類似度 TOP100 に現れる参照昆虫の件数のデータ (表 3) を基に, クラスタ分析 (階層的な手法) を用いて分類した結果を示した. (a) 参照画像集に含まれている昆虫 8 種類だけを対象にした分類. (b) 本研究で使用した全種類 (10 種類) を対象にした分類.

示したのが, 図 5 である. 図 5 では参照昆虫の種類を色分けして示している. つまり, グラフの色が単調ならば, TOP100 の中に含まれる昆虫の種類が少ないことを表す. 試験昆虫コクゾウムシ (図 5 (a)), タバ

コシバンムシ (図 5 (d)), バクガ (図 5 (h)) は, 類似度 TOP100 までのデータからも, 判別の容易な昆虫であると言える. また, コクヌストモドキ (図 5 (c)), ノコギリヒラタムシ (図 5 (e)), コナナガシクイ



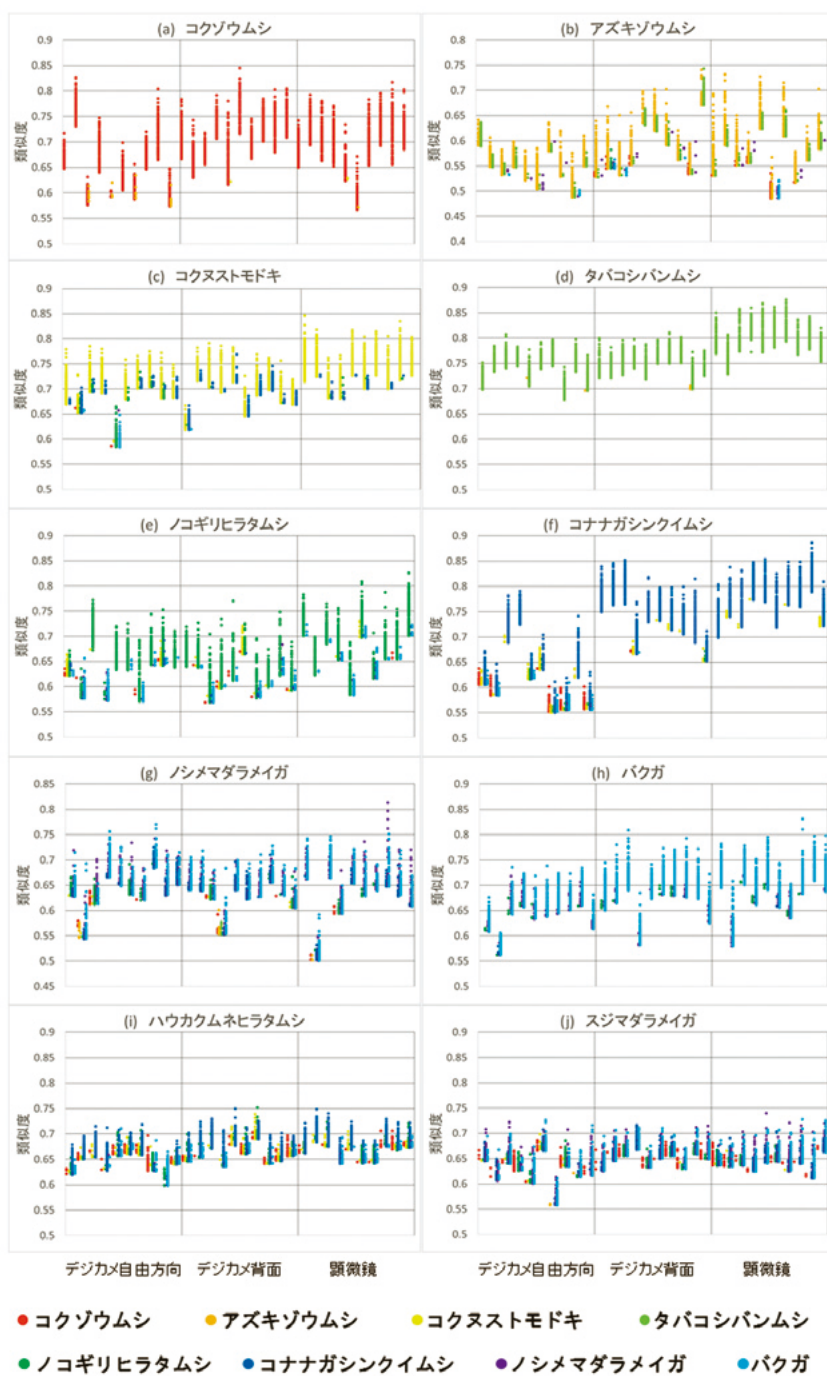


図5. 試験画像に対する類似度TOP100の分布

試験画像1枚ずつに対する類似度(高いものから100)の分布を、参照昆虫別(色で区別)、撮影条件別に示した。

ムシ(図5(f))では、類似度が低い範囲で多様な色が混ざっていたが、類似度が高い範囲では単調な色合いだったことから、これらも判別が比較的簡単にできると思われる。

これらの図を用いて、撮影条件による類似度の違いについて考察する。

#### i) 撮影方向

各図のデジカメ背面(背側から撮影)とデジカメ自

由方向（方向を気にせず撮影）とを比較することによって、撮影方向（つまり、昆虫の背側からの撮影か、自由な方向からの撮影か）の影響を調べた。その結果、試験昆虫の種類によって次のようにグループ分けすることができた。

- ① 撮影方向の影響が大きい：コクゾウムシ、アズキゾウムシ、コナナガシンクイムシ、バクガ

撮影方向を限定すると、コクゾウムシは類似度のばらつきが小さくなった。アズキゾウムシ、コナナガシンクイムシ、バクガは類似度が大きくなった。

- ② 撮影方向の影響が見られない：コクヌストモドキ、タバコシバンムシ、ノコギリヒラタムシ、ノシメマダラメイガ

#### ii) 撮影機材

各図の顕微鏡（実体顕微鏡使用）とデジカメ背面（デジカメ顕微鏡モード使用）とを比較することによって、撮影機材（つまり、参照画像を撮影した機材と同じか違うか）の影響を調べた。その結果、試験昆虫の種類によって次のようにグループ分けすることができた。

- ① 撮影機材の影響が大きい：コクヌストモドキ、タバコシバンムシ、ノコギリヒラタムシ、コナナガシンクイムシ

参照画像と同じ機材で撮影すると、このグループの昆虫の類似度は大きくなった。

- ② 撮影機材の影響が見られない：コクゾウムシ、アズキゾウムシ、ノシメマダラメイガ、バクガ

上記のように、撮影方向や撮影機材の影響は一部の昆虫に現れた。したがって、参照画像集には様々な撮影方向や撮影機材を用いて得られた多様な画像を登録しておくことが望ましいことがわかった。

#### (5) 参照画像集に含まれていない試験昆虫に対する結果

参照画像集に含まれていない昆虫が試験昆虫の場合には、判別システムが「判別範囲外」と出力するのが理想的である。しかし、本判別システムではそのような場合でも類似度は算出される。参照画像集に含まれていない昆虫に対する類似度の特徴を詳細に見ていく。

図3(i)と(j)は、試験昆虫ハウカクムネヒラタムシとスジマダラメイガに対する全類似度分布である。ハウカクムネヒラタムシの場合、参照昆虫コナナガシンクイムシに対する類似度が、他の昆虫に対する類似度よりも高めであった。つまり、ハウカクムネヒラタムシをコナナガシンクイムシと判定してしまう可能性

が高い。一方、試験昆虫スジマダラメイガの場合は、どの参照昆虫に対する類似度も似たような分布を示し、特に高めになったものはなかった。

図4(b)は、ハウカクムネヒラタムシとスジマダラメイガを含めて、各試験画像に対する類似度TOP100の件数を基礎にした分類をおこなった結果である。ハウカクムネヒラタムシはコナナガシンクイムシ（相関係数：0.99）と、スジマダラメイガはノシメマダラメイガ（相関係数：0.95）と、極めて相関が高かった。

ハウカクムネヒラタムシとスジマダラメイガの試験画像に対する類似度TOP100の分布を図5(i)と(j)に示した。一見してわかることは、類似度が0.75よりも下に分布し、他の昆虫に比べてその範囲が狭く、グラフの色が多様なことである。これは参照画像集に含まれていない試験昆虫の特徴かもしれない。しかし、逆にこの類似度の分布の情報から参照画像に含まれている昆虫であるかどうかを判断する方法は今ところない。理想的な判別システムは、参照画像集に含まれていない試験昆虫に対して、「参照画像集に含まれていないため判別不能」と判定すべきである。しかし、現状では、参照画像集に含まれる昆虫の中で似たものを答えてしまうことになる。

#### (6) 判別技術改良の方向性

今回得られた正答率89%は十分に高い数値である(表2)。しかし、参照画像集に含まれている昆虫の種類が8種類だけでは、それに含まれていない似た形の昆虫を判別するときに混乱が起こる(1.(5)参照)。そこで、判別対象を米の害虫に限定して、米に混入する昆虫(例えば、チャタテムシ類、ケシキスイ類、カツオブシムシ類等)を参照画像集に登録することで信頼性を高くすることができるだろう。

また、ノシメマダラメイガとバクガとを間違えやすいという問題は、チョウ目の成虫の場合、翅の開き具合が一定でない等、形状を安定して撮影することが困難であることが原因の一つだと考えられる。そこで、形状に加えて、翅の斑紋や色彩といった情報も類似度算出に利用すればよいのかもしれない。あるいは、可能なら、チョウ目とコウチュウ目を最初に自動判別し、その後それぞれに適した類似度算出方法を適用することも考えられる。

画像認識技術を利用した食品害虫判別分野は取組みが始まったばかりの段階である。参照画像集と類似度算出方法の両面の進歩を期待するのはもちろんだが、利用範囲を米の害虫に限定する等、その時点の技術レ

ベルに合った応用先を見つけながら、段階的に発展させていくというやり方が必要である。

## 2. 判別技術以外の課題

食品害虫サイト等で公開サービスを検討する場合、判別技術以外の課題も重要である。

### (1) ニーズ

ニーズ（用途）と判別技術のレベルは密接に関係している。例えば、害虫防除の専門家なら、現場で発見した昆虫をかなりの正確さでその時に判別したいと考えたり、昆虫の同定時間を短縮したいと考えたりするかもしれない。また、家庭の主婦なら、台所で見つけた昆虫の種名（学名）よりも、その発生源、危険性、対処法を指摘してもらおうほうが重要だと思うかもしれない。

現時点で可能なサービスを「食品害虫を写真で検索」というページで試験的に提供し、ニーズを探った。利用者にメールで昆虫画像を送ってもらい、判別結果をメールで回答するという形式である（表4）。このページを2013年10月16日に公開後、2013年度2件、2014年度2件、2015年度（10月まで）15件の問い合わせがあった（表5）。その中には、家屋内で見つけられた昆虫が広く含まれており、利用者は食品害虫という制限をあまり強く意識していないようである。中には、屋外で見つけた昆虫も含まれていた。しか

し、面倒な手続きの上、食品害虫しか判別できないにもかかわらず、これだけの問い合わせがあったことを考えると、写真を送るだけで自動的に回答が返ってくるようなサービスを提供できれば、かなり大きなニーズがあると思われる。

本研究の成果を生かして、この試験的サービスを多少改良することは可能である。図4から、ノシメダラメイガとバクガは間違いやすいことがわかっている。そこで、判別システムが出した答えに加えて、誤りやすい候補を画像とともに併記することで、利用者の満足する情報に近づけることができると考えられる（表6）。

### (2) セキュリティ確保

食品害虫判別サーバを設け、利用者から画像ファイルを受け取り、判別プログラムを実行し、結果を利用者に返信するという自動判別システムができれば理想的だと考えられる。しかし、試験的サービスにおいては、利用者から画像ファイルを添付したメールを送ってもらい、それを手動で判別プログラムに入力、実行し、その結果を利用者にメールで回答するというシステムを採用した。その理由は、自動判別システムを開発するのが手間であるということ以上に、新開発システムのセキュリティを確保する（例えば、画像ファイルに悪意のあるコードが含まれていないことを確認する）ために必要な専門知識がなかったことのほうが大

表4. 害虫判別の回答例


依頼写真	
回 答	<p>●● ●● 様 お問い合わせありがとうございました。 検索の結果を報告申し上げます。</p> <p>-----</p> <p>【依頼日】2015/●/●● 【解析日】2015/●/●● 【結果報告】 ご依頼の写真につきまして判別プログラムを使用して解析した結果、コクゾウムシである可能性が最も高いと判定されました。 しかし、写真は明らかにコクゾウムシ以外の昆虫と思われます。画像が不鮮明なため、種名の判定はできませんでした。 図鑑：コクゾウムシ <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/16.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/16.html</a></p> <p>-----</p> <p>ご利用ありがとうございました。</p>

表5. 昆虫判別サービスへの問合せ

	年月	場所	判定結果
1	2013/11	家屋内	食品害虫 (参照昆虫)
2	2013/12	家屋内	食品害虫以外
3	2014/ 2	家屋内	食品害虫 (その他)
4	2014/ 5	屋外	食品害虫以外
5	2015/ 5	家屋内	判別不能
6	2015/ 5	家屋内	食品害虫 (その他)
7	2015/ 6	家屋内	食品害虫 (参照昆虫)
8	2015/ 6	不明	判別不能
9	2015/ 6	不明	判別不能
10	2015/ 6	家屋内	判別不能
11	2015/ 6	不明	判別不能
12	2015/ 6	不明	判別不能
13	2015/ 6	不明	判別不能
14	2015/ 7	家屋内	判別不能
15	2015/ 7	家屋内	判別不能
16	2015/ 7	不明	判定不能
17	2015/ 8	自動車内	食品害虫以外
18	2015/ 8	家屋内	食品害虫以外
19	2015/10	家屋内	食品害虫 (参照昆虫)

判定結果は最終的に人が判断したものを示した。

きい。そのため、外部から画像ファイルを受け取る操作を手動にして、チェックできるようにすることで、とりあえず試験的サービスを実施した。

将来は、このようなサービスを研究者が実施したいと考えた場合には、情報広報部門の専門家が協力体制を整備し、情報システム共通の課題については研究者が悩まなくてもすむようにすべきだと考える。

### (3) 結果の保証

リスクコミュニケーション分野等でも常に問題になっていることは、専門家が様々な制約（例えば、現在の科学的知識、得られる情報、解答までに許された時間等）の中で導いた結論を、受け取る人が変わることのない真実だと考えてしまうことである。そのため、専門家が発表した情報を疑うことなく信じてしまったり、専門家が過去に発表した情報を訂正することを許せなかったりする人が出てくる。これを恐れるため、多くの公的研究機関は影響の大きな問題ほど新

表6. 新しい害虫判別の回答例 (案)

依頼写真	
回答	<p>●●●●様 お問い合わせありがとうございました。 検索の結果を報告申し上げます。</p> <p>-----</p> <p>【依頼日】2015/.../... 【解析日】2015/.../... 【結果報告】 ご依頼の写真につきまして判別プログラムを使用して解析した結果、ノシメマダラメイガである可能性が最も高いと判定されました。しかし、判別プログラムは、対象外の昆虫の場合、候補内から最も似ているものを選択してしまいます。また、ノシメマダラメイガとバクガを誤判別する可能性が高いことがわかっています。食品害虫サイトの該当する図鑑ページでお確かめください。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>ノシメマダラメイガ</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>バクガ</p> </div> </div> <p>【食品害虫サイト】 [図鑑：ノシメマダラメイガ] <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/28.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/28.html</a> [図鑑：バクガ] <a href="http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/32.html">http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/32.html</a></p> <p>-----</p> <p>ご利用ありがとうございました。</p>



しい研究成果の公開に慎重な姿勢をとる。

本研究の「食品害虫を写真で検索」ページのサービスは、研究途中の技術を検証するための試験提供という形態である。この場合は、結果が正しくなくても利用者の許容範囲内であり、さらに担当者のコメントも付加されるため、問題が発生することはないと考えた。しかし、将来本格的にサービスを提供する場合には、正答率が100%ではないことをどのように利用者に伝えて納得してもらうかが重要な課題になる。

### 3. 現時点における対応

以上、食総研における画像による食品害虫の自動判別の現状を紹介し、本技術を使ったサービスの将来の実現可能性を示した。判別技術やそれ以外の課題（セキュリティ問題等）について客観的に考慮すると、現時点では本格的な公開サービスを実施できる状況ではないと判断している。

しかし、判別技術については、顔認識分野を筆頭に画像認識技術の発展が著しい。本格的な研究開発を実施できれば、昆虫の判別技術も現在の顔認識のレベルに到達するまでそれほど時間がかからないのではないだろうか。現実的なプロセスは、その時点の判別技術レベルに合った用途を見つけ、それを実用化し、次の段階に技術レベルを向上させるというサイクルを繰り返すことになるだろう。この場合、判別技術の課題よりも、その時点での技術レベルや社会環境を考慮した上で、サービスを提供する意志を組織として持つことができるかが重要である。画像による昆虫の自動判別について、今後も関連分野の状況を監視していきたい。

### 要 約

食品害虫用に独自に開発した2画像間の類似度を算出するプログラムと、8種類の食品害虫（コクゾウム

シ、アズキゾウムシ、コクヌストモドキ、タバコシバシバシ、ノコギリヒラタムシ、コナナガシクイムシ、ノシメマダラメイガ、バクガ）に対する参照画像集とからなる、食品害虫判別システムを構築した。この判別システムの特性を調べるために、10種類の昆虫（参照用に使用した8種類と、参照画像のないハウカクムネヒラタムシ、スジマダラメイガ）の画像を30枚ずつ撮影し、試験画像とした。食品害虫判別システムは、最大類似度を示した参照画像の昆虫を解答とすることにした場合、参照画像集に含まれる8種類の試験昆虫に対して89%の確率で正しく答えた。しかし、ノシメマダラメイガに対する正答率は極端に低く、33%だった。参照画像集に含まれていない昆虫の判別は困難であった。また、判別技術以外にも、セキュリティ確保などの課題も残っている。したがって、このままの判別システムでは正式な公開サービスを実施することはできないと結論した。

### 文 献

- 1) 曲山幸生, 七里与子, 宮ノ下明大, 今村太郎, 古井聡, 和田有史, 増田知尋, 石山墨, 貯穀害虫の画像による自動判別, 食品総合研究所研究報告, **78**, 57-64 (2014).
- 2) 大村平, クラスタ分析のはなし, 「多変量解析のはなし」, 改訂版 (日科技連, 東京), pp. 162-185 (2006).

### 引用 URL

- i) <http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/index.html> (2015. 9. 25)
- ii) <http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/insect.html> (2015. 9. 25)