

技術報告

貯穀害虫の画像による自動判別

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 壘**

* 独立行政法人農業・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

** 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

Automatic Discrimination of Stored Grain Insects by Image Analysis

Yukio Magariyama*[§], Kumiko Shichiri*, Akihiro Miyanoshita*, Taro Imamura*,
Satoshi Furui*, Yuji Wada*, Tomohiro Masuda* and Rui Ishiyama**

* National Food Research Institute, NARO
12-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Japan

** Information and Media Processing Research Laboratories, NEC Corporation
1753, Shimonumabe, Nakahara-Ku, Kawasaki, Kanagawa 211-8666, Japan

Abstract

We are developing an insect discrimination technology by using the image recognition technologies. Our aim is that a person with a little knowledge of food insects can find the objective page in Picture Guide of Stored Grain Insects and Natural Enemies. We developed a computer program which distinguishes four insect species, *Sitophilus zeamais*, *Plodia interpunctella*, *Tribolium castaneum*, and *Lasioderma serricorne*, based on the outline information. To improve the insect discrimination system, we opened a test webpage on Food Insect Site and try to extract the problems.

Keywords: Food insect(食品害虫), Image recognition(画像認識), Discrimination(判別), Test webpage(試験運用ページ)

[§] 連絡先 (Corresponding author), maga@affrc.go.jp

緒言

食品工場や病院、家庭で食品害虫が発生した場合、防除対策の第一歩はそれが何という昆虫かを調べることである。厳密に種の同定を行うには、専門家が目視で多くの形態上の特徴をチェックする必要がある。食品工場や食品倉庫、小売店等では食品に混入した昆虫はクレームの対象であり、異物として種同定が求められる。これに対応するため、害虫駆除会社等^(1-v)は有料（1検体あたり数万円）の昆虫同定サービスを提供している。これらのサービスは、利用者が同定したい昆虫を送ると数日後に回答（同定結果）が返送されて

くるという形態になっている。

一方、手軽に大まかな同定ができればよいという用途も存在する。近縁種の昆虫を判別するには高度な専門知識が必要だが、食品に混入した場合の対処法には違いはない。家庭ではこのレベルの昆虫同定を無料で利用できれば役に立つだろう。

このような用途に対応するために、「食品害虫サイト」^{vi)}(図1)の中の「貯穀害虫・天敵図鑑」^{vii)}には「写真一覧」ページ^{viii)}があり、写真を手がかりに探せるようにしている¹⁾。しかし、数多くの写真から似ているものを探すのは、手間がかかる上に、専門知識が十分ではない人にとっては難しい作業である。そこで、食品害虫サイトには「この虫何？」ページ^{ix)}(図2)

農研機構
NARO NARO 研究 教育 普及 推進 機構

【お知らせ】 とげのない系統があり、日本に分布しているのは稀な系統である。

食品害虫サイトへようこそ

このサイトは、「食品害虫」について、一般消費者や食品総合研究所を含む食品関係者間で、情報共有するために開設しました。食品害虫の性状、種類、防除方法などに関する正しい情報を、わかりやすく読みやすい形で公開したいと希望しています。

論文では敬遠しがちな情報も、コラムやクイズで興味を持っていただければこそにもたらせるかもしれないと考え、このサイトで採用しています。おもしろそうだったページからご覧になってください。

このサイトの情報は完璧ではありません。みなさまの役に立つサイトを目指し、みなさまと協力しながら情報を共有して少しずつ前進したいと考えています。

ご協力のほど、どうぞよろしくお願い申し上げます。

ご質問、情報提供、誤りのご指摘、ご意見などは、お問い合わせのページより電子メールでお気軽にお寄せください。

重要なお知らせ

- 2013年4月から8月まで、同アクセスを強行していたことがわかりました。関連したデータを継続してしまいご迷惑をおかけしたことをお詫言申し上げます。データはすでに修正済みですが、2013年5月20日から2013年9月4日までに本サイトのアクセス解析情報を参照した方は差し替えをお願します。
- 弊時を限定して試験的に写真による昆虫判別サービス「写真で検索」を運用してみることにしました。ご協力いただければ幸いです。

更新情報

2013年 2012年 2011年 2010年 2009年 2008年

2013年10月16日 ニュース&コラム「写真で検索」ページの試験運用開始の追加
2013年10月16日 「写真で検索(期間限定)」の追加
2013年10月04日 ニュース&コラム「天敵に対する忌避効果について」の追加
2013年10月04日 アクセスランキングに月情報追加
2013年10月04日 ニュース&コラム「2013年9月レポート」情報追加
2013年09月26日 ニュース&コラム「日本への導入が解明されたアフリカシロアザミ」の追加
2013年09月26日 図鑑「アフリカシロアザミ」を追加

更新情報

2013年 2012年 2011年 2010年 2009年 2008年..

2013年10月16日 ニュース&コラム「写真で検索」ページの試験運用開始の追加
2013年10月16日 「写真で検索(期間限定)」の追加

図1. 食品害虫サイトトップページ

を設け、フローチャートで昆虫を見つけ出す手順を示している。しかし、これでも常に簡単に見つけ出せるわけではない。

写真を送って同定結果を回答してもらえれば、利用者としては手軽でよい。害虫駆除会社の中にはPRの一手段としてこのようなサービスを無料で提供しているところがある¹⁾。しかし、専門家が判断するのはコストが高くなるので、このサービスを続けるのは大きな負担になっていると思われる。したがって、大まかな同定を低コストで実施できる方法が求められる。

そこで、我々は人手を介さずに貯穀害虫を判別できる可能性を持つ技術として画像認識技術に着目した。画像認識技術は銀行口座の生体認証ですでに実用化されており、空港の出入国審査においても導入を検討している²⁾。ここでは画像認識技術を貯穀害虫の判別に応用する試みとその成果を使った食品害虫サイトの新しいコンテンツについて報告する。

実験方法

1. 判別プログラム

判別プログラムはNECと農研機構食品総合研究所が協力して開発した。開発実行環境は、Windows PC

上にサーバツールApache/Tomcatを搭載し、開発環境Java/Perlを利用した。

2. 参照画像用の貯穀害虫

農研機構食品総合研究所が飼育しているノシメマダラメイガ (*Plodia interpunctella*)、コクゾウムシ (*Sitophilus zeamais*)、タバコシバンムシ (*Lasioderma serricorne*)、コクヌストモドキ (*Tribolium castaneum*)の成虫を各100頭ずつ用い、冷凍庫 (-20℃) で24時間以上放置し動かなくした。撮影前に結露がなくなるまで常温に置いた。

3. 参照画像の撮影

特注でLEDリング照明を装着した実体顕微鏡 (Leica, S8APO) で昆虫を拡大し、特注アダプター (Leica, 10447367, 0.63x; Micromet, NYIS 1500437) を介して接続したデジタル一眼レフカメラ (Nikon, D5000) を用いて画像を記録した。昆虫は1頭ずつ濾紙 (ADVANTEC, No2, 90 mm) に載せ、デジタルカメラ標準アクセサリのリモコンシャッターで背中側から撮影した。影をなくすためにリング照明を、ぶれをなくすためにリモコンシャッターを利用した。

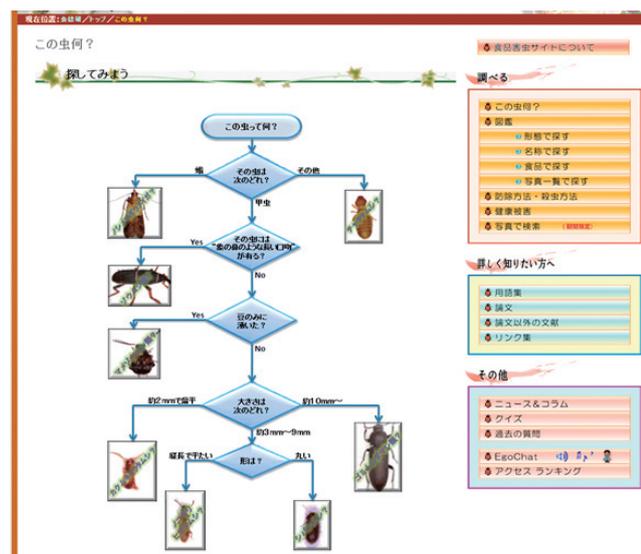


図2. 食品害虫サイトこの虫何？

4. 判別試験

デジタルカメラ（Panasonic, Lumix DMC-FT1）を用いて、蛍光灯照明，オートフォーカス，発光禁止，ズーム3倍という共通の撮影条件で，撮影対象の条件を変えて判別対象サンプルを作成した．昆虫の種類は参照画像と同じ4種（ノシメダラメイガ10頭，コクゾウムシ20頭，コクヌストモドキ20頭，タバコシバンムシ20頭）で，条件は，①殺虫方法：凍結／煮沸，②背景色（折り紙）：青／黄／クリーム／白／灰，③姿勢：下向き（背面から撮影）／斜め下向き／横向き／斜め上向き／上向き（腹面から撮影），④（頭部の）向き：上／右上／右／右下／下／左下／左／左上，⑤トリミング：あり／なし，とした．

実験結果および考察

1. 参照画像用の昆虫の選択理由

候補となる昆虫として，コクゾウムシ，ノシメダラメイガ，コクヌストモドキ，タバコシバンムシの4種類を選択した．食品害虫サイトの利用者は一般家庭等の専門家ではない人を想定しているので，米櫃に発生する可能性の高い昆虫のうち，上記の蛾類1種，甲虫類3種を対象とした．この4種の昆虫は家庭で保存している小麦粉やチョコレート等の乾燥食品に混入したり，食品の工場や倉庫でも問題になったりすることも多いことから，発生源が家庭の米櫃の場合に限らず

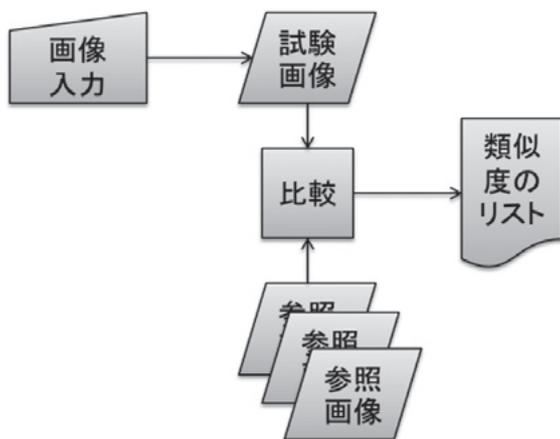


図3. 害虫判別プログラムのフローチャート

入力した判別したい画像と，あらかじめ大量に保存されている参照画像を比較し，その類似度のリストを出力するというプログラムを作成した．

開発した技術を利用できると考えた．

また，我々はこれらを生態研究のために常に飼育しており，容易に試料を準備することができた．

2. 判別プログラム

開発した判別プログラムは，判別したい画像を入力し，あらかじめ保存しておいた参照画像（複数種類の害虫に対してそれぞれ複数の画像）と比較，類似度を算出し，類似度のリストを出力する（図3）．利用者への回答としては，①類似度のトップの種類を回答する，②類似度のトップ10に多く出現した種類を回答する，③類似度に応じて重みづけをして回答する等，様々な方法が考えられる．どの方法がよいか，今後実際に試行を重ねていくうちに明らかになるだろう．

画像の比較方法は，まさに画像認識の研究分野の重要課題であり，進歩が著しい．画像のどの特徴に着目して適用範囲を広げるか，どのようにして解析速度を上げるか等が，主な課題である．ここでは，最初の試みなのでもっとも単純な輪郭情報を利用する方法を採用した．この報告では画像比較方法についての検討は行わないが，ここで採用した方法でも判別したい画像が参照画像と同じ条件で撮影されればほぼすべて正解するレベルであると考えている．

判別プログラムにおいて，最初に判別したい画像および参照画像に対して次の画像処理を施し特徴量を数値化し（図4），次にその数値セットどうしを比較した．

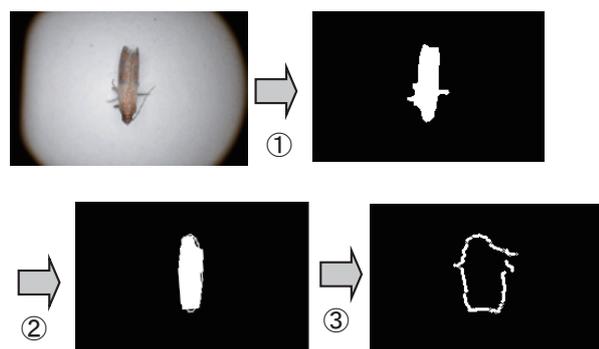


図4. 特徴量の抽出操作

撮影した昆虫の画像から特徴量を抽出する方法を示す．①虫体の領域を抽出する．②輪郭を抽出し，頭部が上を向くように像を回転する．③輪郭情報を処理し，特徴を数値化する．これはノシメダラメイガをサンプルとして示した例である．

- ① 背景色との分離を行い、画像中の虫体の領域を抽出する。
- ② 虫体の輪郭を抽出し、頭部が上を向くように像を回転する。
- ③ 輪郭をトレースし、大きさや向きに因らないように規格化し、特徴を数値化する。

処理の高速化のため、判別プログラムではあらかじめ各参照画像に対して輪郭情報に基づいた数値化データを作成・保存し、判別の際は数値化データを用いている。また、高精度化のため、次の処理により1枚の参照画像から4枚の参照画像を作製した。

- ① 頭部が上に向くように像を回転する。
- ② 横1：縦2の比率になるように不要部分をトリミングする。
- ③ 画像サイズを70×140にする。
- ④ 3の画像の上下反転像を作る（→2枚）。
- ⑤ 3と4の画像の左右反転像を作る（→4枚）。

3. 試験画像撮影条件の検討

判別したい画像はできるだけ参照画像と同じ条件で撮影されたものが望ましいが、現実には難しい。そこでどのような要因が判別精度に大きな影響を与えるか検討した。検討に用いた昆虫は参照画像と同じ4種類（ノシメマダラメイガ10頭、コクゾウムシ20頭、コクヌストモドキ20頭、タバコシバンムシ20頭）で、検討した条件は①殺虫方法、②背景色、③姿勢、④向き、⑤トリミングである（実験方法参照）。

類似度トップが正しく判別された割合（正解率）は、コクゾウムシ0.25、コクヌストモドキ0.7、タバコシバンムシ1.0、ノシメマダラメイガ0.4であった（図5a）。各条件の影響度は、4種類の昆虫の中で判別成績が最も悪かったコクゾウムシを例にして報告する。

輪郭抽出を行うために、撮影時の背景は重要である。一様ではない背景は抽出した輪郭が乱れるのでここでは最初から検討しなかった。一様な背景でも色による違いも影響があった（図5b）。参照画像の背景は白色の濾紙だったためか、背景がクリームと白の成績がよく（正解率：0.5）、青は中程度（正解率：0.25）、黄、灰は悪かった（正解率：0）。黄は人間の目にはコントラストが強く見えたが、ここで用いた輪郭抽出アルゴリズムには適していないようである。影の影響もあるかもしれない。

昆虫の置き方（姿勢）による違いも顕著であった（図5c）。昆虫を背中側から撮影したものを参照画像としたため、判別成績もその姿勢に近いものの成績が

よかった（正解率：0.27）。昆虫を横にした場合は極端に成績が悪かった（正解率：0）。逆に腹から撮影した場合はよかった（正解率：0.5）。背中側から見ても腹側から見ても輪郭はほとんど変わらないと考えられるので、この結果は納得できる。腹面のほうが背面よりも成績がよかったのは興味深い。背面から撮影す

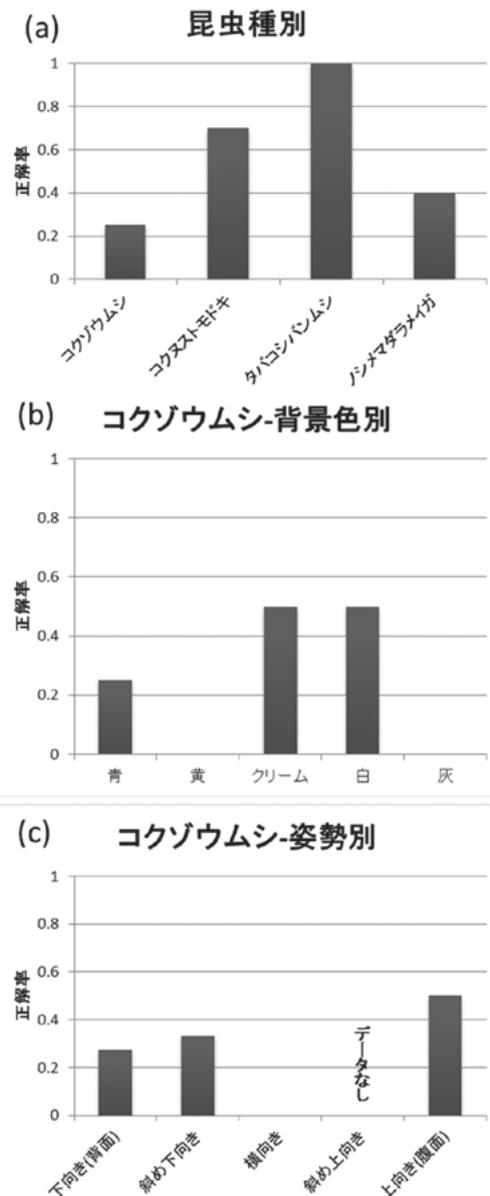


図5. 参照画像と異なる条件で撮影した画像の判別成績

(a) 昆虫種別の判別成績. (b) コクゾウムシについて背景色別の判別成績. (c) コクゾウムシについて姿勢別の判別成績. 正解率は類似度トップが正しかった割合である。

る場合、虫体を正確に腹這いにするのは脚が邪魔をして難しく、わずかに斜めになる。このため参照画像との差が大きくなってしまい、判別成績が悪くなったと考えられる。

頭部の向きによる違いは現れなかった。判別プログラム中に頭部が上を向くように像を回転させる処理が含まれているが、これが正常に働いているためだと考えられる。

参照画像は冷凍によって昆虫を動かなくして撮影したが、判別したい昆虫を煮沸殺虫した場合でもほとんど判別成績は下がらなかった。今回の輪郭抽出の方法では脚や触覚等細い部分の情報を使わなかったためだと考えられる。

撮影した画像を昆虫の部分以外をできるだけトリミングした場合と、何も処理をしない場合とを比較したが、ほとんど差は見られなかった。プログラム中で輪郭抽出する前に昆虫像の部分を残して自動的にトリミングするという操作をしているためであろう。

判別したい昆虫を撮影するとき、姿勢が判別成績に大きな影響を与えることが明らかになった。コクゾウムシとノシメマダラメイガの判別成績が悪かったのは、姿勢によって輪郭が大きく変化するためではないかと考えられる。コクゾウムシは曲がった長い口吻が特徴的である。参照画像では口吻はまっすぐに見えるが、横向き画像では曲がって見える。一方、ノシメマダラメイガは羽が大きい。参照画像では脚がほとんど見えず細長い三角形に見えるが、横向き画像では脚が目立つ。対して、タバコシバンムシとコクヌストモドキは大きな突起物はないため、姿勢が変わってもあまり輪郭が変わらない。特にタバコシバンムシはどの方向から見ても滑らかな楕円なので、今回の試験では正解率が100%になったと考えられる。

なお、対象とする昆虫は小型（3-10 mm）なので、判別に適した写真を撮るにはデジタルカメラのマクロ撮影モードを利用しなければならない。顕微鏡モードのあるデジタルカメラ（PENTAX, WG-2等）であれば、さらに便利である。WG-2の顕微鏡モードでは、被写体に1 cmまで近づき、レンズ周りの6つのLEDによって照明した状態で撮影できるので、影もできず都合がよい。このようなカメラでなくても、100円ショップで販売されているミニルーペにカメラを密着させて撮影する方法で十分に拡大した像が得られる。

4. 試験運用ページ

これまでに開発した技術を用いて、写真による昆虫

判別サービスの試験運用ページ「写真で検索」^(xii)（図6）を2013年10月16日に公開した。このサービスは、利用者が判別したい昆虫の写真をメールに添付して食品害虫サイト運営グループ（InsectImage@ml.affrc.go.jp）に送り、運営グループがその画像をプログラムにより判別し、その結果を利用者に回答する（表1）。メールには撮影した昆虫を発見した食品や場所についての情報も記述してもらうことにしている。食品害虫サイト訪問者に「写真で検索」ページを公開したことをお知らせする記述を、公開当日（2013年10月16日）にトップページ^(vi)（図1）とニュース^(xiii)に掲載した。

5. 将来計画

試験公開を利用して次のことを計画している。

① 技術上の問題点の抽出

上述したように、試験画像の品質は判別成績に大きく影響する。しかし、試験画像は利用者が作成するために、我々がコントロールできる範囲は限られている。そこで、実際の利用者がどのような画像を撮影する傾向があるのか、それに対してサービス提供者側でどのような対応ができるのかを検討する。

② 害虫の発生状況に関する情報収集

利用者が送ってくるメールには、撮影した昆虫を発見した食品や場所についての情報が含まれている。これは貯穀害虫の制御に有用な情報になる可能性が高い。

③ 判別精度の向上

①の結果を受け、実際の利用者が判別したい昆虫を参照画像に取り入れ、実際の利用者が撮影する画像に対応できるようにしたい。具体的には、撮影した昆虫の姿勢の違い、多少の破損、画像のブレ・ボケに関わらず正しく判別できることが目標になるだろう。

将来、判別精度が上がれば、試験運用の人手を介した判別サービスから、リアルタイムで回答する自動化したページの作成やスマホアプリ化も現実的になる。このような、より手軽な判別サービスを提供できれば、利用者はさらに拡大すると期待される。ちなみに、アンドロイド端末で昆虫の写真を撮りアップロードすると昆虫の名前を教えてくれるというアプリが2012年8月に公開された^(xiii)。当初手軽に昆虫名を覚えてもらえるという期待感があり、多くの写真がアップロードされた。しかし、回答が後日になったり、回答の品質に差があったりといった問題が散見され、開

発途上のアプリであることがうかがえる。

を行っている。

要約

我々は画像認識技術を応用した写真による昆虫判別技術の開発に取り組んでいる。今回、判別する対象として、コクゾウムシ、ノシメマダラメイガ、コクヌストモドキ、タバコシバンムシの4種の貯穀害虫について、輪郭情報を基に判別するプログラムを開発した。この判別システムの改良を図るために、食品害虫サイトに試験運用ページを公開し、現技術の問題点の抽出

参考文献

- 1) 曲山幸生, 七里与子, 宮ノ下明大, 今村太郎, 食品害虫サイトの開設とそのアクセス解析, 家屋害虫, 31, 93-99 (2009).
- 2) 法務省出入国管理政策懇談会, 訪日外国人2500万人時代の出入国管理行政の在り方に関する検討結果 (報告), 平成25年5月20日

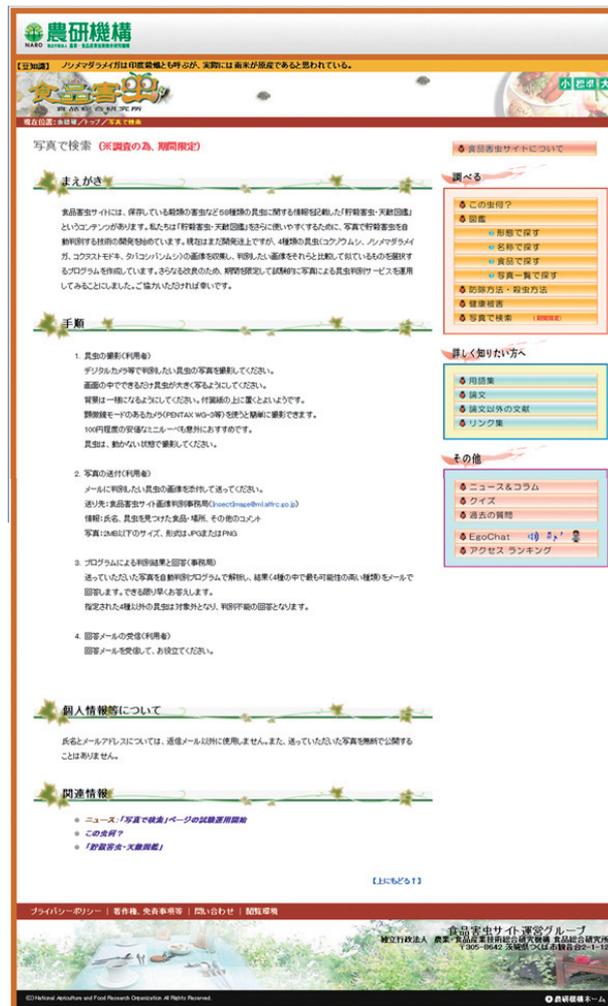


図6. 食品害虫サイト写真で検索

<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/insect.html>, (2013年10月21日ダウンロード)

表 1. 判別結果回答メールの例

今村太郎 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。

【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。

図鑑：コクゾウムシ
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan/16.html>

ご利用ありがとうございました。

(独) 農研機構 食品総合研究所
食品害虫サイト運営グループ
<InsectImage@ml.affrc.go.jp>

引用 URL

- | | |
|--|---|
| i) http://www.ecotest.jp/analysis/mushi/identification.html (2013.10.21) . | viii) http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan_00.html (2013.10.21) . |
| ii) http://www.kyosei3.com/ (2013.10.21) . | ix) http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/zukan_04a.html (2013.10.21) . |
| iii) http://www.ecoplann.co.jp/?page=page3 (2013.10.21) . | x) http://www.sanipro.co.jp/entry/26508.html (2013.10.21) . |
| iv) http://www.teisokasei.com/service/ana/index.htm (2013.10.21) . | xi) http://foodinsect.dc.affrc.go.jp/gaichu/insect.html (2013.10.21) . |
| v) http://www.jesc.or.jp/work/harmful_insect/insect/01.html (2013.10.21) . | xii) http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/news/news_020.html (2013.10.21) . |
| vi) http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/index.html (2013.10.21) . | xiii) https://play.google.com/store/apps/details?id=jp.co.recruit.mushihantei (2013.10.21) . |
| vii) http://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/gaichu/ | |