

論 文

動画中の害鳥認識方法の開発

大平 倫宏^{*1)} 富山 真一^{*1)} 宮武 和史^{*2)} 平井 佑佳^{*2)} 犬塚 利栄子^{*2)}

Development of harmful birds recognition in video

Norihiro Ohira^{*1)}, Shinichi Tomiyama^{*1)}, Kazushi Miyatake^{*2)}, Yuka Hirai^{*2)}, Rieko Inuzuka^{*2)}

A new method for recognizing harmful birds in video has been developed. Some conventional methods recognize birds on power cables, branches or on the ground. However, from the perspective of preventing bird injuries, it is important to recognize birds before, rather than after, they land. Thus, we devoted our study to detecting birds before they land.

We focused on the characteristic that birds flap their wings during landing, and we developed a method to detect fluttering birds. A Hidden Markov Model (HMM) was used to improve recognition rate. In the HMM we correlated the state of regions with a bird's state such as flapping or stopped and estimated the state and number of birds in the frame. We confirmed that this method has a 95% recognition rate via HMM and 70% without HMM.

キーワード：動画像認識，害鳥，隠れマルコフモデル

Keywords：Video recognition, Harmful birds, Hidden markov model

1. はじめに

米穀類倉庫などの食品を管理する場所において，ハトなどの鳥類に対する管理・防除を行う事は，衛生面などの観点から重要な事である。従来は，磁気などを用いて鳥類を忌避する方法や，建屋にネットを張り侵入を防ぐなどの受動的な方法が用いられてきたが，現時点では十分な効果を得るまでには至っていない。そこで，鳥類を自動的に認識して，能動的にアクションを行うといった従来とは違う観点からの防除が必要となる。本研究では，その準備段階として，特に動画中の鳥類の認識について，研究・開発を行った。

2. 方法

2.1 従来の方法 従来の鳥類の認識を行うシステムとしては，認識対象とする鳥類の音声によって認識を行う方法⁽¹⁾や電線などに停留する鳥類をテンプレートマッチングなどの方法を用いて認識する方法⁽²⁾などが存在する。

鳥類の音声を認識するシステムについてのものである，認識対象とする鳥類が鳴き声を発していない場合や悪天候などにより音声の取得が困難な場合に，認識が不可能である。また，電線などに停留中の鳥類のみを認識可能な方法のものでは，飛行中の鳥類には認識不可能である。このため，鳥類が停止するまでは認識が不可能であり，鳥類の識別に即応性が要求される場合や飛行中・歩行中の鳥類の認識が

必要とされる場合などに，利用ができないなどの問題を抱えている。

本開発では，鳥類防除のための認識方式の開発が目的であり，素早く効果的な防除を行うためには飛行・歩行中の鳥類の識別が必要となる。したがって本研究では，鳥類が着地する時に羽ばたくという点に着目し，鳥類の羽ばたきを検知する方式について，研究開発を行った。

2.2 実験方法 鳥類認識方法を開発するにあたって，国際衛生株式会社を中心となり，実際に鳥害が問題となっている場所で，鳥画像約400枚，鳥類動画約30時間分の取得を行った。これらのデータを，認識方法中でのテンプレートや，認識処理の精度の確認に用いた。図1は今回開発した処理全体のフローチャートである。ここでは，読み込んだ

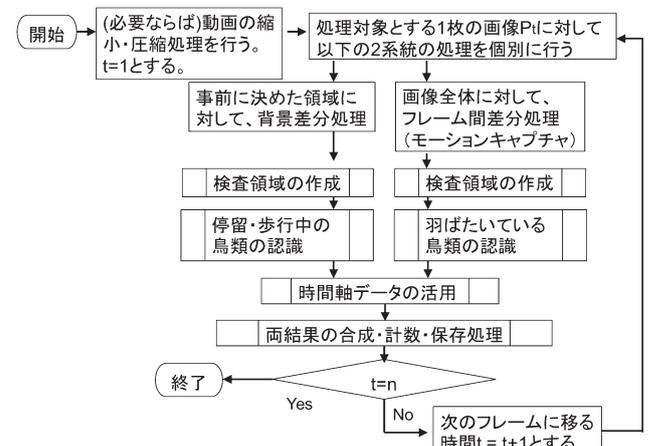


図1. 処理全体のフローチャート

事業名 平成24年度 共同研究

*1) 情報技術グループ

*2) 国際衛生株式会社

だ動画に対して、 n 枚の画像が存在するとして、それぞれの画像を順に P_t としている(t は1から n の整数)。

(1) 歩行・停留中の鳥類の判定方法 フローチャート左側のパートでは、歩行・停留中の鳥類の判定処理を行う。最初の差分処理では、あらかじめ取得しておいた基準となる背景画像と P_t との背景差分画像を得る。この時、飛行中の鳥類を誤って認識する事を防ぐため、あらかじめ背景部分内で、鳥類の止まりうる屋根や地上部分、電線部分を調査しておき、その部分についてのみ背景差分の対象とする。

また、得られた差分結果からノイズを取り除くため、メディアンフィルタなどのノイズ除去フィルタを利用する。例えば図2の背景画像に対して、図3の空白部分のみを識別領域とした場合、図4のフレーム画像から、図5の背景差分画像を得る。

得られた背景差分画像に対して、縦横一定数の領域を決めておき、その領域内で、背景差分処理により抽出された画素数が一定以上の場合に、その領域を次の検査処理の対象領域として記憶する。

検査領域の作成処理で得られたそれぞれの領域に対して、停留・歩行中の鳥類の存在を判定処理する。この判定処理は、画像の色ヒストグラムの類似度を用いて行う。

色ヒストグラムを用いた類似度の判定は以下の様な方法を採用した。まず、あらかじめ取得しておいた認識対象とする鳥類の画像データを複数枚用いて、その種類ごとに、図6の様にRGB値毎に範囲を決め、1画素ごとに対応する範囲の頻度を計数し、色ヒストグラムの作成を行い、その後色ヒストグラムの正規化を行い、基準の色ヒストグラムとする。検査対象とする領域に対しても、同様に色ヒストグラムの作成、正規化を行い、その基準の色ヒストグラムに対しての類似度を、Bhattacharyya 距離⁽³⁾によるヒストグラム間の距離を表す値を用いて計算する。得られた値が一定値以下であった場合に、双方の色ヒストグラム間の距離が近いとして、その領域に該当する鳥類が存在すると判定する。



図3. 差分領域画像

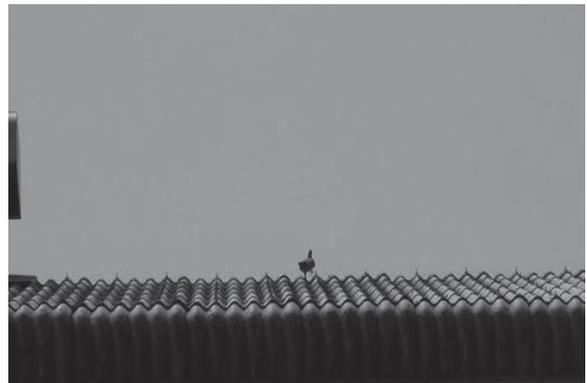


図4. 差分対象フレーム画像

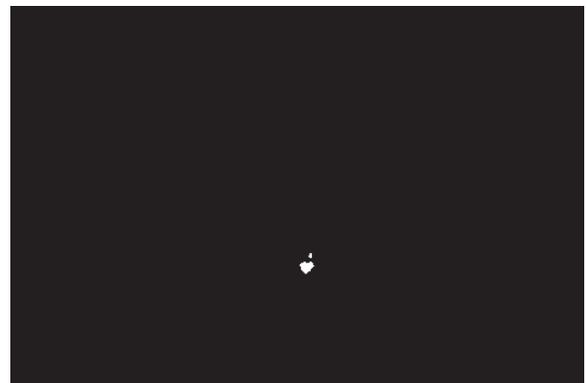


図5. 差分画像

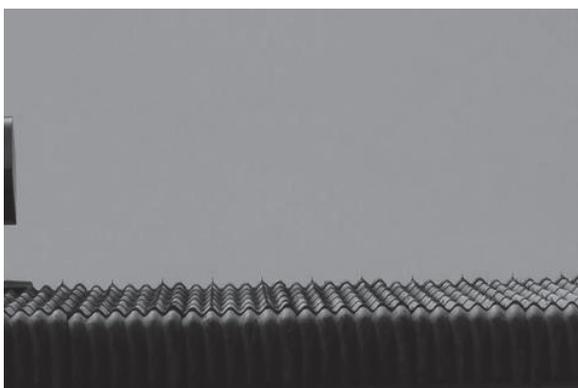


図2. 背景画像

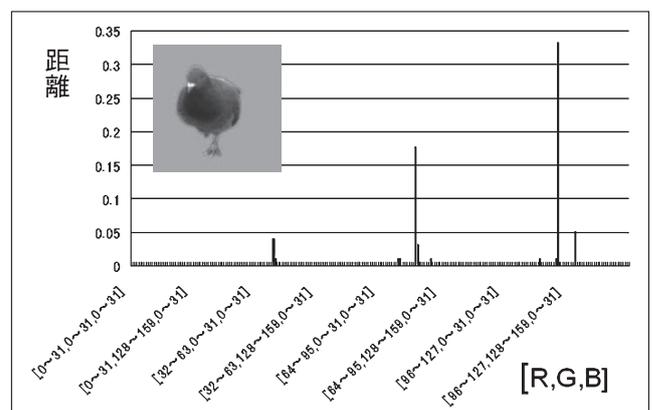


図6. 鳥類画像の色ヒストグラム

(2) 羽ばたき状態の鳥類の判定方法 フローチャート右側のパートでは、羽ばたき状態の鳥類の判定処理を行う。基本的には(1)歩行・停留中の鳥類の判定処理中の背景差分処理の代わりに、モーションキャプチャ処理を行い、その後動画の乱雑性などを利用した羽ばたき物体の認識処理を行う。

(3) 時間軸データの活用 上記(1)(2)の判定により、鳥類が歩行・停留している領域及び羽ばたいている領域を判定した後、その情報を用いて、より精度の高い認識結果とする方法についても研究開発を行った。具体的には、確率モデルとして、隠れマルコフモデル(HMM)⁽⁴⁾を利用して、停留・歩行・羽ばたき鳥類の判定結果を出力シンボルとして、ある領域の現在の状態(鳥類がいない、羽ばたいている、歩行・停留中であるのいずれか)を推定する方法について、開発を行った。

まず、図7の状態遷移図の様に、あるフレーム時刻 $t-1$ の各状態から、次のフレーム時刻 t において、状態が遷移すると考える。各遷移確率は、事前に経験的なデータを取得するなどして、あらかじめ定めておく。ここでは、状態S0を対象領域中に鳥類がいない状態、S1を歩行停止中の鳥類が存在する状態、S2を羽ばたいている鳥類が存在する状態としている。例えば、図中では、S0からS0に推移する確率を $a_{00}=0.975$ としている。

次に、時刻 $t-1$ から t に遷移する際に、例えば次の様なシンボルのうち、ただ一つが発生していると考えられる。

シンボル O_0 ：領域中に歩行・停留中の鳥類が存在せず、羽ばたいている鳥類も存在していないと判定された時

シンボル O_1 ：領域中に歩行・停留中の鳥類が存在し、羽ばたいている鳥類が存在していないと判定された時

シンボル O_2 ：領域中に歩行・停留中の鳥類が存在せず、羽ばたいている鳥類が存在すると判定された時

シンボル O_3 ：領域中に歩行・停留中の鳥類が存在し、羽ばたいている鳥類も存在すると判定された時。

ここでは、遷移元と遷移先の状態の組ごとにシンボルの発生確率が異なっていると考え、それぞれについて、事前に経験的なデータなどを用いて、シンボルの発生確率を定めておく。具体的には、 $b_{xy}(O_2)$ を、 x を遷移前の状態、 y を遷移後の状態として、シンボル O_2 を出力する確率として、すべての x, y, z の組について定めておく。例えば、 $b_{00}(O_0)=0.98$ とした場合、状態S0から状態S0に遷移する際に、シンボル O_0 が発生する確率が0.98であると定める。

この様に、状態の遷移確率とシンボルの発生確率を定め、過去から現在までに実際に得られたシンボルの系列を用いて、現在の状態として最もあり得る状態の最尤推定を行う。状態の最尤推定の方法としては、ビタビアルゴリズム⁽⁵⁾の

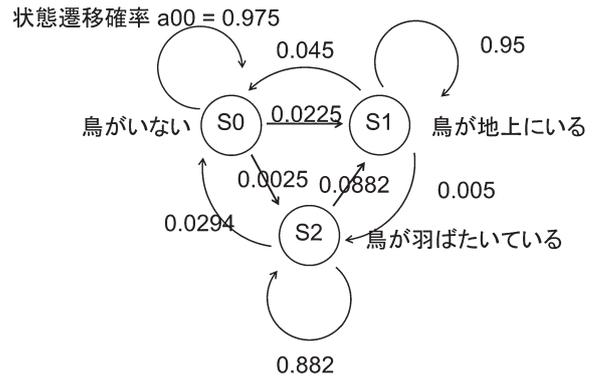


図7. 状態遷移図

考え方を用いて、最終状態のみを計算する以下の式を使用する。

$$\delta_t(j) = \max_{0 \leq i \leq 2} [\delta_{t-1}(i) a_{ij} b_{ij}(O(t))] \quad (1 \leq t \leq T, 0 \leq i, j \leq 2)$$

$$S_t = \arg \max_{0 \leq i \leq 2} [\delta_t(i)] \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 T は最終時刻、 t は途中の状態の時間を表している。式(1)を用いて、認識の対象とするフレーム画像 P_t の各領域に対して、 t を一つずつ進めて計算を行い、その t に対する S_t を計算し、その結果を領域の認識結果とする。

3. 結果・考察

0~30メートル遠方から屋根に向けて設置して得られた720×480画素の動画(総計900フレーム)に対して、動画中の鳥類の認識を行った。

表1はこの時の認識結果を示した表である。認識処理1は2.2(3)のHMMを用いた処理を行わず、認識処理2ではHMMを用いた処理を行って、比較を行った。正解データとしては人手により900フレームすべてに対して、各領域の状態をS0(対象領域中に鳥類がいない状態)、S1(歩行停止中の鳥類が存在する状態)、S2(羽ばたいている鳥類が存在する状態)のどれかに振り分けたデータを用いた。

表1中の誤検出率は、フレーム毎に実際には鳥類がいないにも関わらず鳥類がいると判断した率であり、(誤検出領域数/実際には鳥類が存在しない領域数)で計算される。また、未検出率は、実際には鳥類が存在するにもかかわらず、鳥類が存在しないと判断した率であり、(未検出領域数/実際に鳥類が存在する領域数)で計算する。誤検出率、未検出率の双方とも低い値である事が望ましい。また、未検出率(隣接可)では、対象領域で未検出である場合も、その上下左右の隣接領域で検出された場合には未検出とせず、未検出率を算出した。また、全体の認識率は、停留、歩行、飛行すべての状態の鳥類を一まとめに鳥類のいる状態として、フレーム毎の認識総数をその実際の出現総数で割った率とし、(検出数/実際に鳥類が存在する領域数)で計算した。その際の飛行中の鳥類の認識では上述の様に隣接する鳥類の認識を許した。

表1. 評定に用いた形容詞

	停留・歩行中の鳥類の誤検出率	停留・歩行中の鳥類の未検出率	飛行中の鳥類の誤検出率	飛行中の鳥類の未検出率	飛行中の鳥類の未検出率(隣接可)	全体の認識率
認識処理1	0.00030	0.23	0.00028	0.83	0.68	0.70
認識処理2	0.0060	0.011	0.0027	0.57	0.31	0.95

表1の認識処理1, 2を比べると, 隠れマルコフモデルに基づく認識結果の再計算を行う事で, 未検出率を大幅に改善する事ができた。これは, 確率論を用いた再計算を行う事で, 未検出であったフレームに対して検出を行う事が可能となり, より精度の良い判定が行えた。また, 飛行中の鳥類の未検出率については, 認識処理1, 2のどちらでも好ましくない結果となっているが, これは, 正解データを人手で作成している事と, 鳥類の動きが想定よりも早いため, 両方の領域にまたがって鳥類が存在するフレームが存在する事などが原因であると思われる。これは, 未検出率(隣接可)では改善されているため, 正解画像の領域とは, ずれた領域で認識されているといえる。全体としては, 認識率は95%だった。

図8は, 実際に認識処理を行った動画中の1フレームである。認識した鳥類を白の点線枠で囲っており, 正しく4羽のハトが認識されている。

4. まとめ

羽ばたき動作を検出する事により, 停留前の鳥類を認識する方法を開発した。更に隠れマルコフモデルを用いた後処理を行う事で, 高精度な検出を行う事が可能となった。これらにより, 効果的な害鳥防除の実現が期待される。また, 本研究で得られた成果については「鳥獣識別装置, 鳥獣識別方法, 及びプログラム」の名称で2012年10月に特許出願を行った。

(平成25年7月12日受付, 平成25年8月13日再受付)

文 献

- (1)株式会社ビスキャス, 古河電気工業株式会社, 株式会社フジクラ, 鳥追払い装置及び鳥追払いシステム, 特開2009-207438, 2009-9-17
- (2)国立大学法人長岡技術科学大学, 有害鳥類の数及び停留位置の確定方法及びその確定装置並びに有害鳥類の防除方法, 特開2011-138310, 2011-7-14
- (3)A. Bhattacharyya., "On a Measure of Divergence Between Two Statistical Populations Defined by Their Probability Distribution", Bulletin of the Calcutta Mathematical Society, Vol.35, pp.99-110 (1943)
- (4)L.R. Rabiner and B.H. Juang, "An Introduction to Hidden Markov Models", IEEE ASSP Magazine, Vol.3, No.1, pp.4-16 (1986)
- (5)A.J. Viterbi, "Error Bounds for Convolutional Codes and an Asymptotically Optimum Decoding Algorithm", IEEE Transactions on Information Theory, Vol.13, No.2, pp.260-269 (1967)

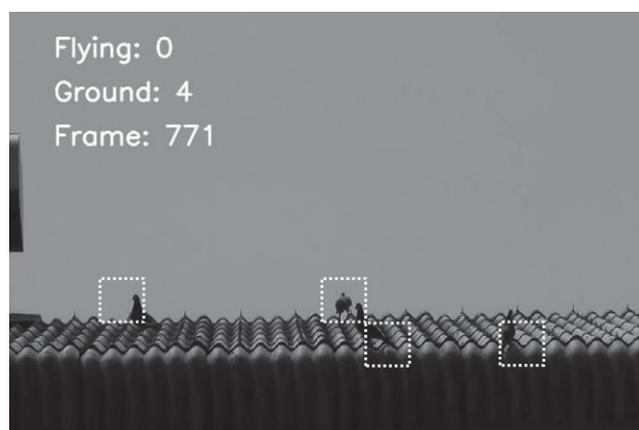


図8. 認識結果