

映像情報からのカラス領域抽出による農家支援システムに関する研究

生産システム工学専攻 小林 義明

Study on Detection of Crows from the Farm Image

Yoshiaki Kobayashi

Advanced Course of Production System Engineering, Toba National College of Maritime Technology

Abstract

The serious problems in agriculture are increasing part-time farmer and crop-damaging by varmint. On the other hand, Field-Servers are used for weather sensor with network connection in the farm. The images captured by network-camera on Field-Server have not used for automatic detection or control. Therefore we propose a Varmint-Buster system by detecting birds using Image Processing. We selected a Frame Difference method of image-processing for bird detection. The Frame Difference method detects moving object from three consecutive images. The experimental results, birds are detected about 80% from the images. However non-bird areas were detected about 30% by this system. Our future works are improving the detection method and test in a farm.

keywords : Field Server, Varmint-Buster system, Image Processing, The Frame Difference method

1. はじめに

農林水産省の2000年の統計調査によると、日本の約80%が兼業農家である[1]。このことから、日本の多くの農家が農業だけに専念することは難しいことが分かる。さらに近年の高齢化に伴い、絶対的な農家数も減少しているのが実態で、総合食料自給率は69%となってきた[2]。また、2004年度の鳥獣による農作物の被害は206億円もあり、うちカラスが35億円、その他鳥類が43億円と全体の4割を占めているという調査結果もある[3]。この様に農業をとりまく問題は多岐にわたっている。

一方、様々な分野で情報化という言葉が耳にするようになった。情報化といえば工業分野に固執してしまいがちではあるが、農業分野においてもユビキタスネットワークを利用した機器の設備は進められている。その代表的な例として、フィールドサーバと呼ばれるネットワーク接続可能な圃場設置用の環境測定器が普及し利用され始めている[4]。フィールドサーバは、搭載されたセンサにより容易に気象データを収集することが可能である。収集可能なデータは、温度、湿度、日照量などである。さらにフィールドサーバに搭載されたネットワークカメラにより画像データの撮影も可能である[5]。フィールドサーバは、㈱イーラボ・エクスペリエンス[6]や松下電工[7]から発売されている。しかし、フィールドサーバを

有効利用するためのアプリケーションは専用設計で、各農家が独自で注文する必要があるため、その利用には多額の費用が必要である。また、フィールドサーバから取得できる画像データについては、ほとんどが自動処理には利用されておらず、利用者が見て観察するのみに使用されているのが現状である。

以上より、フィールドサーバを利用した汎用アプリケーションシステムを開発すれば、安価に農家の支援が可能になると考える。そこで我々は、フィールドサーバを利用した農家支援システムにおける、ひとつの応用例として「害鳥撃退システム」を提案する。提案するシステムはフィールドサーバに搭載されているネットワークカメラで撮影した画像データから画像処理によって害鳥を検出し、警報を鳴らすものである。

2. フィールドサーバを利用した害鳥撃退システム

今回提案するシステム構成図を図1に示す。提案するシステムは、フィールドサーバに警報機を接続し、搭載されたネットワークカメラによって常時上空を監視、撮影を行う。そして、撮影された画像データから画像処理によって害鳥の検出を行い、害鳥が検出された場合、警報機を鳴らし撃退をはかる。害鳥検出の画像処理は農家に設置されているパーソナルコンピュータの害鳥検出プログラムで行う。

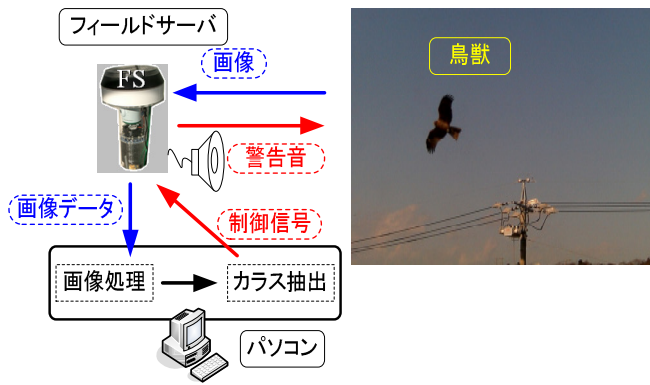


図1 害鳥撃退システム構成図

3. フレーム間差分法を利用した害鳥検出

3.1. フレーム間差分法

本研究では、害鳥検出を行うためにフレーム間差分法という画像処理方法を適用する(図2)。フレーム間差分法は画像中に含まれる動体を抽出する手法である。今回利用するフレーム間差分法では、連続する3枚の画像を使用する。注目する時刻 t における画像を A とし、その前のフレーム ($t-1$) の画像を B、さらに前のフレーム ($t-2$) の画像を C とする。

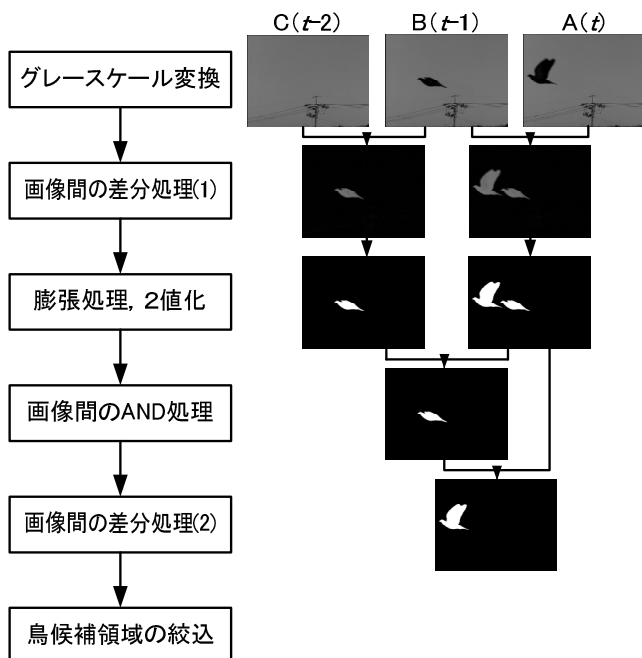


図2 フレーム間差分法

この処理の大きな流れとして、画像 A と画像 B、および画像 B と画像 C の差分画像をそれぞれ作成し、得られた差分画像同士の論理積演算を行うことで画像 B における動体部分を抽出できる。画像 A と画像 B から作成した差分画像から画像 B における動体部分を引き去ることにより、最終的に画像 A における動体部分を抽出できる。

処理の流れの中にあるグレースケール変換、画像間での差分処理 (1)、膨張処理、2値化、画像間での AND 処理、画像間での差分処理 (2) の各画像処理の詳しい内容を以下に示す。処理の最後にある鳥候補領域の絞込みについては 3.2 節で説明を行う。

①グレースケール変換

今回の実験では、鳥がいるのがないのかが問題であるため、画像がカラー画像である必要はない。グレースケール変換を用いることで以降の処理を簡単にすることができる。

注目する画素の RGB 成分の平均値を、その新しい濃度値にすることで実現できる。任意の点 (x, y) における画素値を $f(x, y)$ とし、その画素での赤成分を $f_R(x, y)$ 、緑成分を $f_G(x, y)$ 、青成分を $f_B(x, y)$ とした場合、グレースケール変換された画素値 $f_{Gray}(x, y)$ は式 (1) のように表現できる。

$$f_{Gray}(x, y) = \frac{f_R(x, y) + f_G(x, y) + f_B(x, y)}{3} \dots (1)$$



(a) 元画像 (b) 変換画像

図3 グレースケール変換

②画像間での差分処理 (1)

画像間での差分処理とは、2つの画像の同じ位置にある画素同士の引き算の絶対値をとることにより実現する。この処理により、同じアングルで連続撮影された画像において背景部分は、ほぼ同じ値となることから黒い領域となるため、差が発生する動体部分が明るい領域として抽出できる。ここで

任意の画像中の (x, y) の位置での時刻 t における画素値を $f_t(x, y)$, 時刻 $t-1$ における注目画素の値を $f_{t-1}(x, y)$ として差分処理後の注目画素の値 $f_{Diff}(x, y)$ を式 (2) に定義する.

$$f_{Diff}(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t-1}(x, y)|$$

… (2)

この処理では画像 A と B における動体および, 画像 B と C における動体をそれぞれ抽出する.

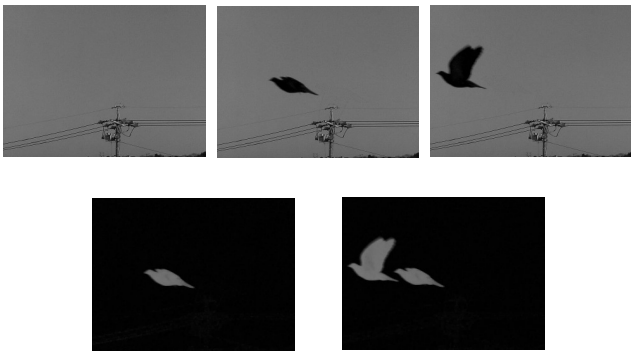


図 4 画像間の差分処理 (1)

③2 値化, 膨張処理

今回の処理においては鳥がいるのかいないのかが最終的な出力となるので, 2 値化処理を行うことにより鳥領域を白, それ以外を黒として表現することとする.

2 値化処理は, ある濃度値を閾値として, その閾値より低い濃度値を持つ画素を 0 (黒), 高い濃度値を持つ画素を 255 (白) に分ける処理である. 今回は閾値を固定して行うのではなく, 判定分析法を用いた 2 値化を行った.

しかし, 小さい鳥 (図 5 (a)) を対象としてグレースケール変換, 差分処理を行い 2 値化の処理を行うと, 図 5 (b) のように 1 羽の鳥が複数領域に分割される場合がある. これでは 1 羽の鳥に対し 2 羽の鳥が存在してしまうと判断されてしまうので, 連結性をもたせるために差分を行った後のグレースケール画像 (図 5 (c)) に対して膨張処理を行う. 膨張処理を行うことで図 5 (d) のように分割され複数存在していた領域が 1 つの領域として出力される.

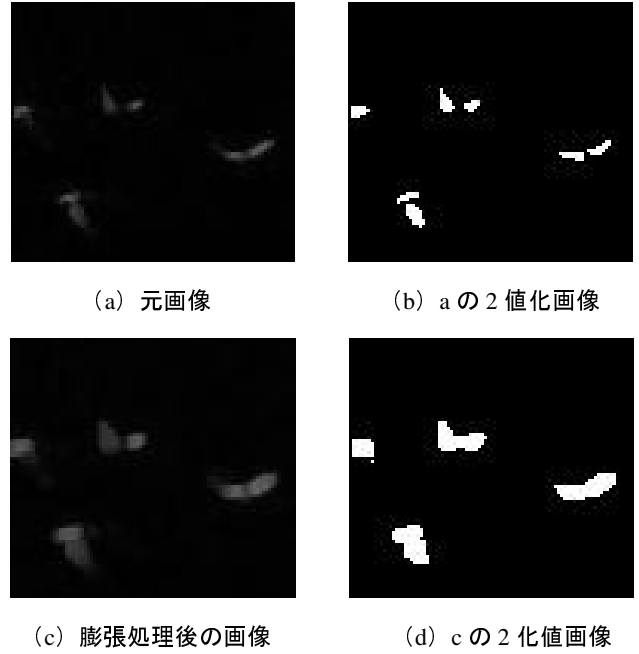


図 5 膨張処理と 2 値化処理

④画像間での AND 処理

これまでの処理で得られた 2 枚の 2 値画像を用いて, 画像間の AND 処理, つまり論理積演算を行う. 2 枚の画像から論理積演算を行うことで注目時刻 ($t-1$) における動体が抽出される.

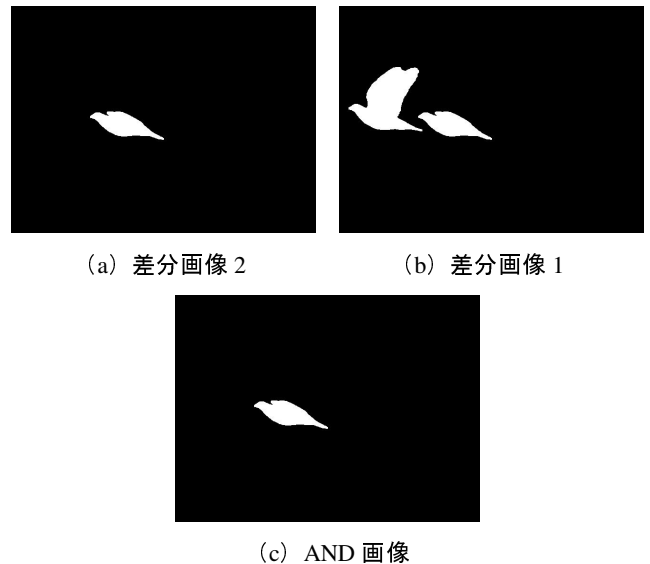
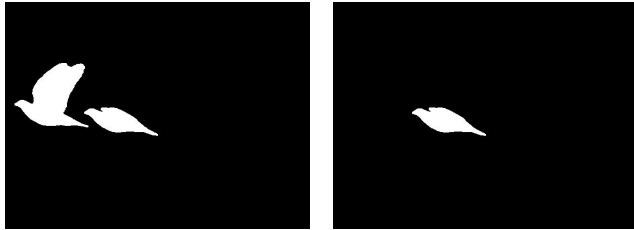


図 6 画像間の AND 処理

⑤画像間での差分処理 (2)

最後に差分画像 1, AND 画像とで差分処理を行うことで、注目する時刻 t における動体が抽出される。



(a) 差分画像 1 (b) AND 画像



(c) 最終出力画像

図 7 画像間の差分処理 (2)

3.2. 鳥候補領域の絞込み

これまでのフレーム間差分法によって出力された 2 値画像中の白領域が鳥候補領域である。ところが鳥候補領域には鳥だけではなく、風に揺れる電線や、光の当たり具合が変化した電柱、動きの早い雲なども含まれる (図 8)。そこで、以下に示す 3 つの処理をそれぞれの鳥候補領域に適用することで、誤抽出領域を鳥候補領域からの外すこととする。



図 8 鳥候補領域

①縦横比による電線の除去

抽出される電線は、図 9 のように横に細長い鳥候補領域となる。鳥はこのような形で抽出されることは考えられないとして、鳥候補領域の縦と横の長さの比を以下の式で求め、該当する鳥候補領域に対して除去を行う。

$$\frac{\text{鳥候補領域の横の長さ}[\text{pixel}]}{\text{鳥候補領域の縦の長さ}[\text{pixel}]} \geq 6 \quad \dots (3)$$

つまり、横の長さが縦の長さの 6 倍以上となっている鳥候補領域は除去される。



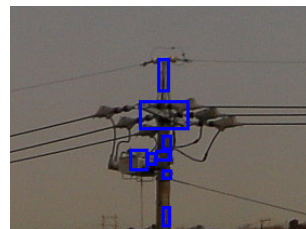
図 9 電線を抽出され記された鳥候補領域

②電柱などの構造物の除去

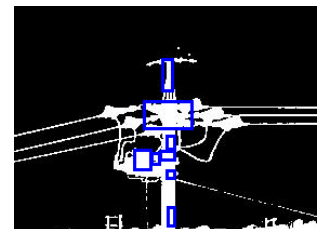
電柱など、画像中に常に存在する構造物にあたる太陽光の反射角度が急激に変化すると画素値が変化し、動体として誤ってそれが抽出される場合がある。そこで、常に存在する構造物を白、その他の背景領域を黒とした 2 値画像をマスク画像として用意する (図 10)。



(a) マスク画像



(b) 鳥候補領域



(c) マスク画像への反映

図 10 マスク画像による電柱などの除去

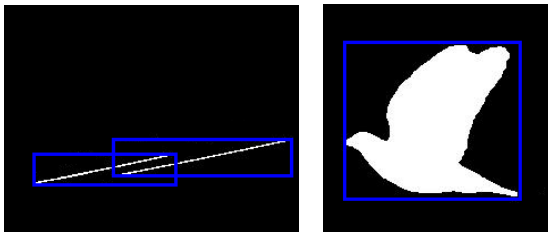
抽出された鳥候補領域がマスク画像における白領域をどれだけ含んでいるかによって、構造物かどうかの判定を行う。式 (4) が除去される鳥候補領域の条件である。

$$\frac{\text{鳥候補領域中のマスク領域の面積[pixel]}}{\text{鳥候補領域の面積[pixel]}} > 0.25 \quad \dots (4)$$

③面積比による電線の除去

最後に鳥候補領域として、風に揺れた電線を抽出した場合 (図 11 (a)) の除去方法を説明する。フレーム間差分法で出力される画像は 2 値画像である。鳥候補領域の面積における白領域の割合が小さければ鳥候補領域から除去する。それに対し鳥を抽出したとされる鳥候補領域は図 11 (b) のように白領域の面積の割合が大きいことが分かる。その条件を式 (5) に示す。

$$\frac{\text{鳥候補領域中の白領域の面積[pixel]}}{\text{鳥候補領域の面積[pixel]}} < 0.2 \quad \dots (5)$$



(a) 電線を抽出 (b) 鳥を抽出

図 11 面積比による電線の除去

4. 評価実験

4.1. 実験条件

今回の評価実験を行うにあたり、評価用に準備した画像は (株)イーラボ・エクスペリエンス社製フィールドサーバ IV に搭載されているネットワークカメラである東芝製 IKWB-21 である。撮影枚数や撮影条件は表 1 に示す。

表 1 評価実験用画像の撮影枚数・条件

総画像数	415 枚
解像度	VGA (640×480 : 30 万画素)
モーション検知機能	1/30 秒ごとに 7 枚
正解領域	118

4.2. 評価方法

今回提案した鳥領域抽出処理系の有効性を確認するために評価実験を行う。評価には式 (6) と式 (7) に示す再現率、適合率を求めて評価を行う。

$$\text{再現率} = \frac{\text{抽出成功領域の数}}{\text{正解領域の数}} \quad \dots (6)$$

$$\text{適合率} = \frac{\text{抽出成功領域の数}}{\text{鳥候補領域の数}} \quad \dots (7)$$

再現率は、すべての正解領域に対し、どれだけ鳥が抽出できたかの網羅性の指標となり、適合率とは、抽出された鳥候補領域に占める成功の割合を示す正確性の指標である。今回のシステム構築の目的は、作物の鳥による被害を減らすためのシステムであるため、いかに多くの鳥を検出するかが問題となってくる。ここで、評価に用いるための 3 つの領域について詳細に説明を行う。

①正解領域

正解領域は全画像を人間が目視することで鳥と判断できる領域を専用開発したツールを用いて矩形で囲み登録しておく。つまり、画像中の正解領域の数だけ鳥が存在している。図 12 に正解領域の例を示す。今回は鳥候補領域と区別するために赤の矩形で表現される。

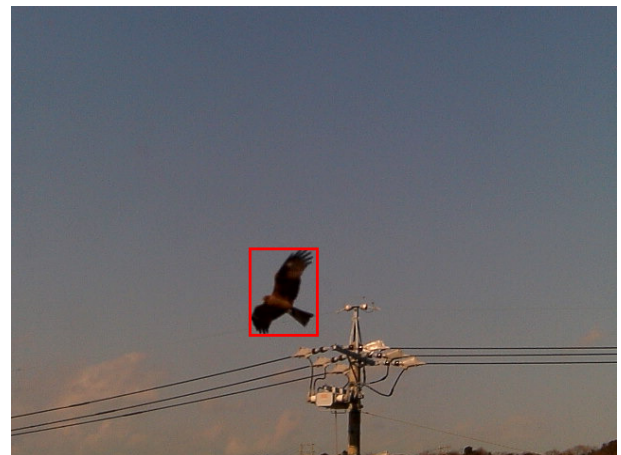


図 12 正解領域が記された画像

②鳥候補領域

第 3 章で説明したフレーム間差分処理により出力された領域を鳥候補領域とする。それを図 13 に示す。図中の青の矩形領域が鳥候補領域となる。



図 13 鳥候補領域が記された画像



(a) 鳥候補領域と正解領域が記された画像



(b) 抽出成功領域が記された画像

図 14 抽出成功領域

③抽出成功領域

鳥候補領域と正解領域とを比較し、正しく鳥を抽出したと判断される領域を抽出成功領域とする。抽出成功領域は、まず鳥候補領域が正解領域と重なっていることが条件となり、

次に正解領域の面積に対し大きすぎない鳥候補領域となる。

図 14 (a) において、青と赤の点線はそれぞれの領域の境界が重なっていることを示す。図 14 (a) の中央に存在する鳥候補領域は正解領域と重なっていて、面積も大きすぎないため鳥を抽出していると判断できるため抽出成功領域に認められる。図 14 (b) において、抽出成功領域は緑の矩形領域で表現される。

つまり、図 14 (b) における再現率は、正解領域数が 1、抽出成功領域数が 1 なので $1/1$ より 100% となり、適合率は、鳥候補領域が 3、抽出成功領域が 1 なので $1/3$ より 66.7% となることが分かる。

4.3. 実験結果

実験結果を表 2 に示す。再現率が 83.1%、適合率が 67.1% となった。再現率が 83.1% ということは、約 80% の鳥を抽出することができたことを示す。また適合率が 67.1% ということは、残り 33% 近くは、鳥ではないものを抽出したということである。

表 2 実験結果

正解領域	118
鳥候補領域	146
抽出成功領域	98
再現率	83.1[%]
適合率	67.1[%]

正解の鳥領域を抽出できなかった原因の内訳を図 15、鳥候補領域として抽出した領域の内訳を図 16 に示す。

正解の鳥領域を抽出できなかった原因で一番多かったものは、グレースケール変換を行うことで背景と混合される鳥が存在したことである。鳥が太陽光を反射して白、又は背景色に近い色で撮影された場合 (図 17 (a))、この画像に対しグレースケール変換を行うと図 17 (b) で示されるように背景に吸収されたことで抽出できなかった。その出力画像を図 17 (c) に示す。

次に多かった原因は連続するフレーム画像中に動きのない鳥が存在したことである。つまり電柱に止まりつづけている鳥 (図 18) の抽出は、フレーム間差分法を利用した場合除去されることとなる。

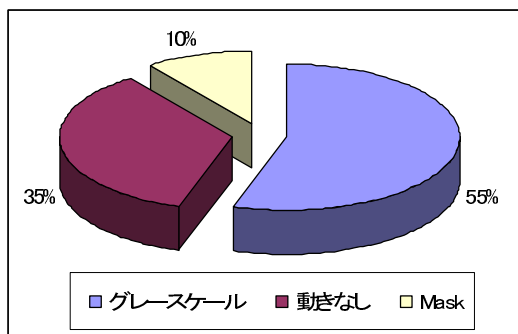


図 15 抽出されなかった正解領域の内訳

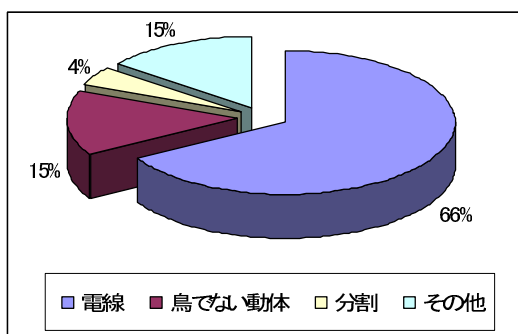
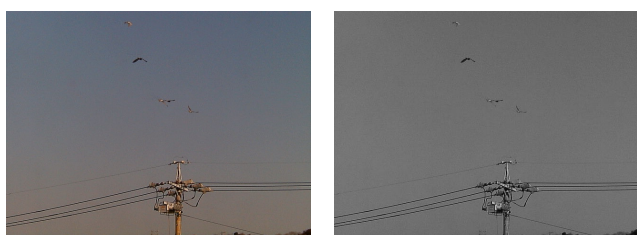
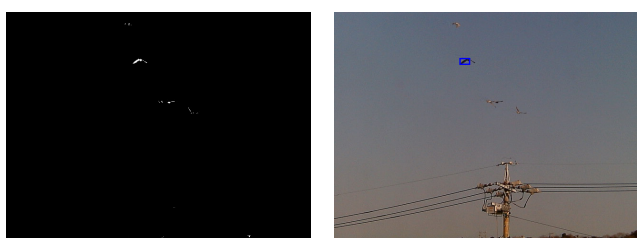


図 16 誤抽出領域の内訳



(a) 元画像

(b) グレースケール画像



(c) 出力画像

(d) 鳥候補領域が記された画像

図 17 グレースケール変換で消えてしまう例



図 18 動きがない鳥

鳥ではない領域の数のなかで多くを占めるのは鳥候補領域の絞込みでも除去されなかった電線であった。次に多かったのは鳥ではない動体、つまりカメラの前を通過した虫や動きの早い雲が抽出されていることが分かった。

5. まとめと今後の課題

今回の研究では、フレーム間差分法を適用して約 80%の鳥を抽出することができた。しかし、抽出した領域には鳥以外を抽出する場合もあり、この手法を用いたシステムでは 3 回に 1 回は誤報を鳴らしてしまうことが分かった。

今後の課題としては、実際の農場現場において本手法を適用した実地試験を行うことである。その際、フィールドサーバが風で揺れたり、雨が降ったりすることで抽出がさらに難しくなることが予想される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、中京大学教授 山本真司先生、筑波大学講師 滝沢穂高先生、豊橋技術科学大学助手 水野慎士先生には鳥検出における画像処理手法の技術に関する知識を提供していただきました。心からお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 「2005 年農林業センサス」：
<http://www.maff.go.jp/census/index.html>
- [2] 「農林水産省 食糧自給の部屋」：
<http://www.kanbou.maff.go.jp/www/jikyuuritsu/inde.html>
- [3] 「農林水産省 鳥獣対策コーナー」：
<http://www.maff.go.jp/soshiki/seisan/cyoju/index.html>
- [4] 中央農研・農業情報研究部・モデリング研究室, “フィールドサーバによる気象データおよび作物画像の計測技術”, 関東投下以北率農業研究成果情報 pp.174-175(2002)
- [5] 平藤雅之, “フィールドサーバによる圃場情報モニタリング”, 農業および園芸 Vol78-1pp.182-188(2003)
- [6] イーラボ・エクスペリエンス：
<http://www.elab-experience.com/products/>
- [7] 松下電工 プレスリリース：
<http://www.mew.co.jp/press/0504/0504-1.html>