

深度情報を利用した害獣の自動計数システムの検討

中井一文^{†1} 山本陽祐^{†1} 木村佳嗣^{†1} 江崎修央^{†1} 山端直人^{†2}

全国各地の集落で害獣による農作物の被害が深刻化しており、この対策として罠の設置による害獣の捕獲が主流となっている。しかし、確実に害獣を捕獲するためには、常に罠の近くで監視する必要がある。そのため、遠隔操作で害獣を監視、捕獲することが可能なシステムが登場している。しかしながら常に携帯端末等で罠を監視することも現実的ではない。そこで、本研究では害獣が一定数以上罠に入っていれば猟師に連絡することを目的とし、罠の中の害獣の数を自動でカウントするシステムの検討を行った。害獣をカウントする方法には深度センサの情報を利用し、深度のヒストグラムから個体を切り分けた。

Investigation of Counting System using Depth Information for Harmful Animals

KAZUFUMI NAKAI^{†1} YOSUKE YAMAMOTO^{†1} YOSHITSUGU KIMURA^{†1}
NOBUO EZAKI^{†1} NAOTO YAMABATA^{†2}

In recent years, damage to agricultural products by wild animals has become serious. To combat this, installing traps as a means of capturing animals is the main method current employed. However, in order to capture wild animals with certainty, humans must continually monitor the state of the trap.

Therefore, if the number of wild animals in a trap is automatically counted even when continual monitoring is not occurring, and a fixed number of animals is exceeded, a system connected to e-mail, etc..., is needed. Such a system would make it possible for a database to record the time of capture by recording the number of animals in fixed intervals, and to simultaneously propose the timing of capture.

In this research, in order to implement this function, depth pictures were acquired using Kinect, and the use of image processing as a method of counting the number of wild animals automatically was studied.

This system was operated in the mountains, and an evaluation experiment about the actual number of animals and the number counted automatically was conducted. The result was that deer, which frequented the area in the middle of the night, were counted almost correct when compared to the number of deer that were confirmed visually.

1. はじめに

近年では害獣による農作物への被害が深刻となっており、農林水産省の調べ[1]によると、野生鳥獣による全国の農作物被害額は平成 23 年度には約 230 億円にもおよんでいる。現在では、害獣の捕獲は罠の設置による方法が主流となっている。しかし、害獣を捕獲するためには事前に罠を作動させる日時の予定を立て、害獣の出没しやすい深夜帯に常に罠の近くで監視し続ける必要がある。また、罠を作動させるには専門の免許や資格を持っている人物が行わなければならない。そのため、害獣を確実に捕獲するには多大な労力がかかる。

近年、「まる三重ホカクン」[2]と名付けられた害獣罠の遠隔監視・作動システムが開発・販売されている。これは、携帯やパソコンなどの通信端末で罠の様子が確認でき、遠隔操作で罠を作動させることができるシステムである。従来の害獣罠の作動装置のように常に罠付近で待機する必要はないが、罠の映像確認は人間が常に行う必要があるため、監視や記録をさらに手軽に行いたいという要望がある。

そこで、常に監視を続けなくても罠の中の害獣の数を自動でカウントし、動物数が一定数を超えたらメールなどで連絡することで、捕獲を促すことはもちろん、データベースへ一定間隔で動物の数を記録することにより、捕獲のタイミングを提案できるようにするシステム構築を行う。

そこで本論文では、この機能を実現させるために、Kinectで深度画像を取得し、画像処理を用いて害獣の数を自動カウントする方法について述べる。

2. システム概要

本システムの構成を図 1 に示す。本システムは、動物のカウントを行うために Kinect と PC を捕獲罠に設置し、カウントした時のデータを保存しておくクラウド上のデータベースによって構成されている。深夜であれば赤外線を用いた深度画像を撮影することにより害獣の数を容易に検討できると考えた。

本システムでは、Kinect で罠を監視し、画像処理によって一定時間ごとに動物の数をカウントする。カウントを行う際に、クラウドのデータベースへ日付・時間と共に動物の数を保存しておき、もし罠の中に一定数以上動物が入っていれば、猟師の通信端末にメールを送信する。メールを受け取った猟師は、罠の中のリアルタイムな映像を確認し、

^{†1} 鳥羽商船高等専門学校
National Institute of Technology, Toba College

^{†2} 三重県農業研究所
Mie Prefecture Agricultural Research Institute

遠隔操作で捕獲を行う。また、クラウドにデータを保存しておくことにより web ページとして害獣の出没した日時と動物数をグラフで表示でき、害獣の出没しやすい時間帯の傾向を知ること、罠を作動させる日時の予定を立てることができる。

本研究では、動物を自動カウントし、クラウドの日付・時間と共にデータベースへ保存する機能を実装した。

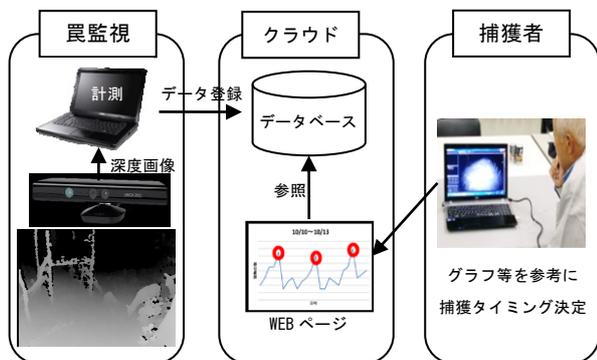


図1 システム構成

3. 画像処理による動物自動カウントの方法

3.1 動物のカウント処理の流れ

動物のカウントを行うための処理の流れを図2に示す。まず罠付近の深度画像を取得する。続いて背景除去処理を行ったあと、平滑化処理・2値化処理を行う。2値化処理を行った画像に対してラベリングを行い、動物のカウントを行う。この時、2値化処理については、得られた害獣領域の分散値に基づいて再帰的に実施することで、重なって撮影された害獣の切り分けが行えるように処理を実装した。

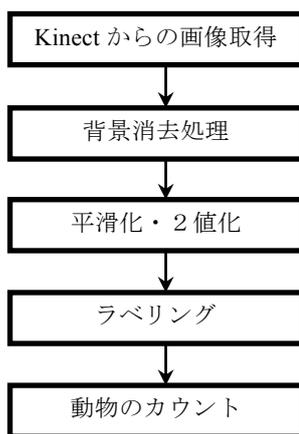
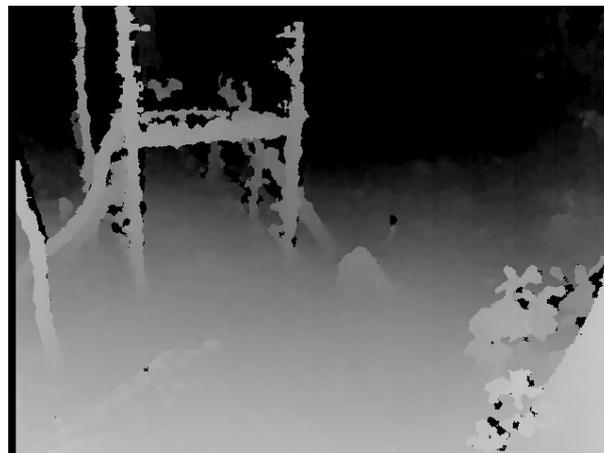


図2 動物のカウントの流れ

3.2 背景除去処理

本稿における背景除去処理とは、同じアングルで撮影された二つの画像において、同じ位置にある画素同士の絶対値の引き算を行うことで画像における変化部分を検出する。

まず、事前に何も動物が映っていない背景を深度画像として取得し、背景画像とする。そして、一定間隔で深度画像を取得し、その取得した画像と背景画像で差分を行う。これにより、画素値が一致している背景領域は0(黒)となり、動物が映っている領域は画素値が高くなる。図3(a)に背景画像、図3(b)に取得した画像、図3(c)に差分画像を示す。図3(c)より、変化のあった全ての領域が出力されていることがわかる。



(a) 背景画像



(b) 取得した画像



(c) 差分画像

図3 背景除去処理

3.3 平滑化・2値化処理

本稿では、メディアンフィルタを使用して平滑化を行った後に固定閾値を用いて2値化を行った。



図4 平滑化・2値化の結果

3.4 ラベリング処理による不要領域の消去

図4の画像に対してラベリング処理を適用し、検出された候補領域について番号付けを行う。ただし、明らかに動物でないと判断できる小さい領域については除去することとした。図5に処理結果を示すが、この場合2頭のシカがラベル付けされていることが分かる。

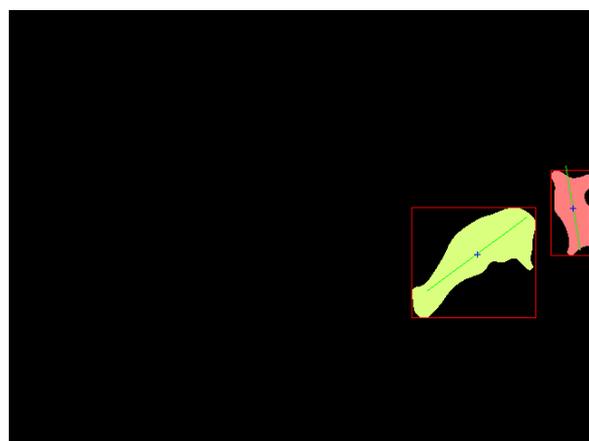


図5 ラベリング

3.5 動物のカウント処理

図5で得られた画像については2頭のシカが別々にラベル付けされているためカウントは容易に行えるが、図6のように複数の動物が重なって映ることも考えられる。



図6 動物が重なって撮影された例

図6を2値化すると1つの領域として抽出される。そこで、抽出された2値化領域の画素値の分散値を計算する。Kinectから動物までの距離に応じて画素値が決まるので、距離が離れている複数頭が重なった際には、分散値は高くなる。つまり計算した分散値をみて、分散値が低ければ一頭であるとし、高ければ複数頭重なっていると判断する。今回は、予備実験の結果から複数頭であると判断する際の分散値の閾値は1.0とした。図7(a)には一頭である場合の領域(分散値が0.8)、図8(b)には二頭重なっている領域(分散値が1.4)を示す。なお、閾値が1.0以上である領域については大津の2値化を用いて分割した後に再帰的に処理を繰り返すことで、3頭以上の害獣が重なっていることも検出可能とした。



(a)分散値0.8の領域



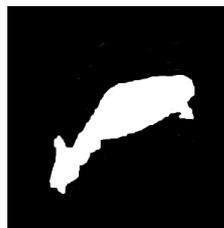
(b)分散値1.4の領域

図7 一頭と複数頭の判断

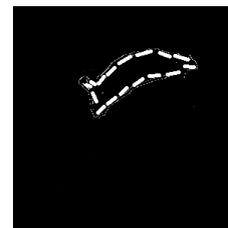
図8(a)の領域について2値化した後の分散値が1.0以上である場合、大津の2値化を適用することで図8(b)と図8(c)の二つの領域に分けることができる。



(a)複数頭の領域



(b)分割領域1



(c)分割領域2

図8 大津の2値化による分割

さらに、大津の2値化で分割された領域の両方の分散値を再び計算する。もし、分散値が1.0以下であれば該当領域を一頭とカウントし、閾値の1.0より大きければ、この処理を再帰的に繰り返す。

これにより、動物が複数頭重なっている際も個別に識別・カウントを行うことができる。

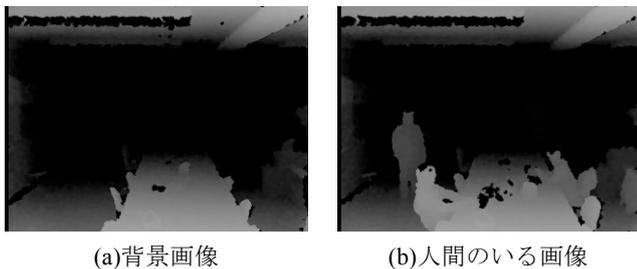
4. 予備実験

4.1 人間のカウンターの実験概要

実際の動物を自動カウントする前に、本システムがどれほどの精度で自動カウントを行うことができるか確認するため、人間を対象として評価実験を行った。

カウントする間隔は1分ごととし、人が多くいた時間帯の約300データを詳しく調べ、実際にその時にいた人物数とカウントした数を比較し、精度の評価を行った。

図9(a)に何人も映っていない背景画像を、図9(b)に人が映っている際の深度画像を示す。図9(b)を見ると、図9(a)に比べて人が映っている部分は画素値が高くなっていることがわかる。



(a)背景画像 (b)人間のいる画像
 図9 人間を対象とした深度画像の取得

4.2 人のカウンターの結果と考察

人のカウンターの結果を図10に示す。図10より、およその人物数はカウントすることができ、実際の数と計測した数の変移がおおむね一致していることが確認できた。

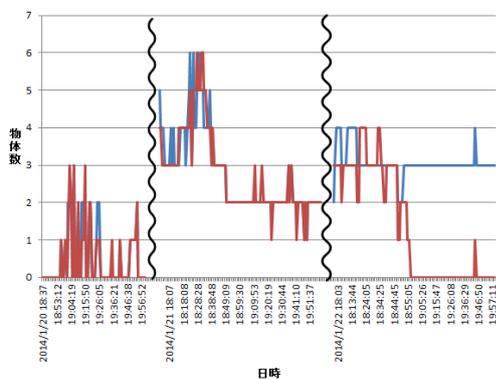


図10 評価実験(人)のグラフ

人の評価実験を行ったうえで、いくつかの誤検出が発生した。発生した誤検出について考察を行う。

(1) 2値化処理実施のための閾値の検討

複数人いると判断する際の分散値の閾値が低かったため、実際は一人しかいないのに複数人としてカウントされた例について述べる。

図11(a)には一人である分散値が1.3の領域、図11(b)

には閾値を1.0で処理した領域、図11(c)には閾値を1.5で処理した際の領域を示す。図11(a)の一人である領域の分散値が1.3であり、複数人いると判断する閾値が1.0であったため、一人であるはずの領域が余分にカウントされ、(b)のように二人と誤検出されていた。

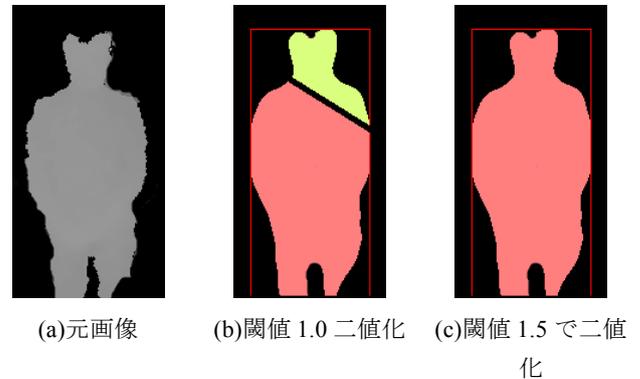


図11 閾値の変更による分割領域数の違い

(2) 背景変更による誤検出

人が座っていた椅子などが動いてしまうことで、あらかじめ設定した背景画像とは背景が変わってしまい、本来カウントすべき人ではない物体が誤検出されていた。図12(a)に背景画像、図12(b)に取得した画像、図12(c)にラベリングの際に誤検出された画像を示す。実際の害獣罠においても風などの影響により背景は変化する可能性があるため、一定時間ごとに背景画像を設定し直すこととした。

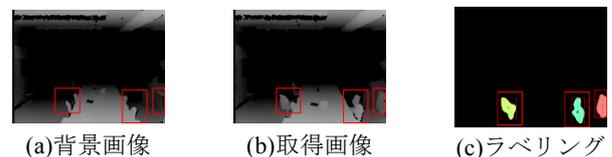


図12 背景の移り変わりによる誤認識

5. 評価実験

5.1 動物のカウンターの概要

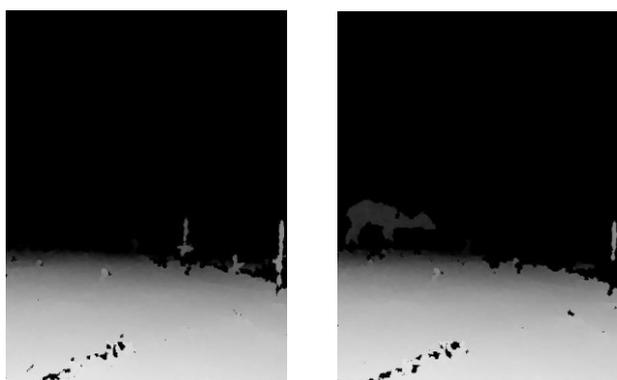
本システムが動物に対してどれほどの精度で自動カウントを行うことができるか確認するため、図14のように山中の害獣捕獲罠付近で動作させ、評価実験を行った。

評価には、平成27年1月20日の18時から0時までに撮影された360枚を利用した。このうち、114枚に鹿が映っていた。画像のうち1頭のみ鹿の映っていたのは100枚、残りの14枚に2頭が映っていた。

実際に撮影した背景画像(鹿のいない画像)を図15(a)に、動物が映っている際の深度画像を図15(b)に示す。



図 14 罾と監視システム (PC・Kinect は箱に格納)



(a)背景画像 (b)取得した画像

図 15 罾付近における深度画像

5.2 動物カウントの結果と考察

動物のカウントの結果のグラフを図 16 に示す。結果として、98%の鹿の検出に成功しており、本手法の有効性が確認された。動物の評価実験は人の評価実験と比べ、出没する動物数が少なかったため、誤検出が少なかったともいえる。

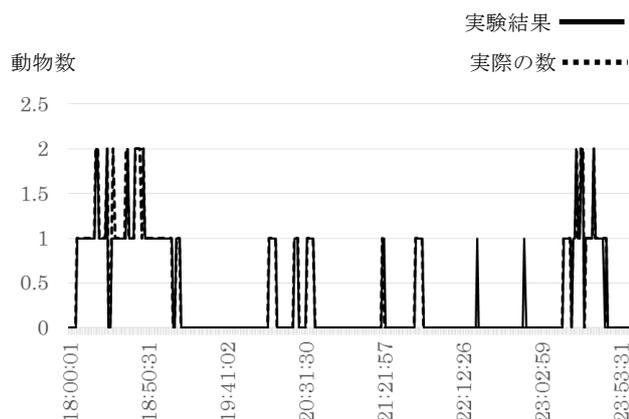
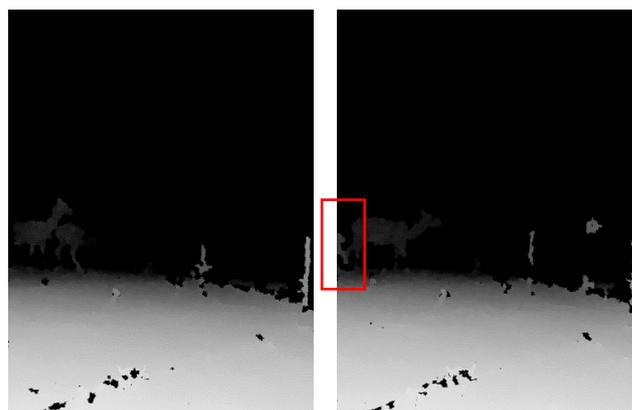


図 16 動物のカウント実験結果

正しく鹿が検出できなかった画像の例を図 17 に示す。図 17 (a)は、鹿が縦に並んで歩行している瞬間を捉えた画像であり、鹿の持つ画素値(深度情報)がほぼ同じ値になってしまったため、鹿領域の分散値が低くなったため切り

分けができなかった。これについては、領域の縦横比や複雑度を指標として加えることにより切り分け可能になると考えている。また、図 17 (b)は、鹿の脚のみが映っている画像であり、抽出領域が小さかったためノイズと判断された削除された例である。この画像単体で、鹿が含まれていると判断することは極めて困難であるうえ、本研究の目的は鹿の出現時間の推定に使うことであるので、今後の評価においては対象画像としない予定である。



(a) 2頭が並んでいる例 (b) 脚のみが撮影された例

図 17 誤抽出した例

6. おわりに

本稿では、Kinect で深度画像を取得し、画像処理によって害獣の数を自動カウントする方法について研究を行った。また、実際に山の中で本システムを動作させ、実際の動物数と自動カウントした数についての評価実験を行った。

評価実験の結果より、害獣罾の付近で撮影した鹿の画像から、98%の高確率でカウントすることができた。

今後の課題としては、評価実験の結果より考えられるいくつかの誤検出を解消できるよう複数頭の識別の処理を見直し、また抽出領域の面積についても処理を施すことでカウントする精度の向上を目指す。

謝辞

本研究は、「革新的技術緊急展開事業(うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立)」から支援をいただき「ICTを用いたシカ、イノシシ、サルの防除、保護、処理一貫体系技術の実証」の一部として実施している。

参考文献

- 1) 農林水産省『全国の野生鳥獣による農作物被害状況について』, http://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/h_zyokyo2/h23/index.html (2014/02/19)
- 2) 株式会社アイエスイー『まる三重ホカクン』, <http://www.ise-hp.com/hokakun.html> (2014/02/19)