

令和 2 年 6 月 1 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K08034

研究課題名(和文)近赤外線による深度画像を用いた害獣捕獲用インテリジェント起動信号生成手法

研究課題名(英文)Generation Method of Intelligent Trigger Signal for the Capture Device to the Harmful Animals with Infrared Depth Image

研究代表者

竹田 史章(Takeda, Fumiaki)

近畿大学・工学部・教授

研究者番号：40320121

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：FuKinectを用いた画像による害獣捕獲の認識システムを構築してきた。一方、多方向撮像手法の有効性を確認する必要性が明確となった。研究ではドローンによる空撮の確認とカメラで空撮する対象画像の取得と認識手法の性能確認を実施した。さらに、カメラ3種類により体育館内でドローンにて対象距離と対象抽出精度及びドローンの駆動音を測定し多方向撮像の基礎データを取得した。最終年度で広視野カメラを搭載し空撮画像からの害獣抽出の可能性を実験的に確認した。室内高15mの体育館での限定的環境で1m毎の空撮画像からの対象の自動抽出実験では、トリミング、ノイズ除去などを行い空撮からの対象抽出は可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年ドローンは個人の利用のみならず多くのビジネスにも利用されつつあり、検査及び監視にもその用途を広めつつある。本研究ではこのような背景から、害獣の撮像手法の新たなアプローチとして広視野角センサカメラとドローンを用いて対象物の背景からの抽出可能性を仮想環境での実験により検討した。この空撮画像の種々の検討により、実環境での空撮による害獣捕獲システムの開発のさらなる展開の一助とでき、一次産業のイノベーションを加速する社会的意義は大きいと思われる。特にその成果としてドローンの飛行制御に関して特許1件(登録)、研究発表5件(1件は2020.5)となっている。

研究成果の概要(英文)：We have been researching and developing an efficient autonomic capturing system for harmful animals using some kind of the imaging sensors such as a Kinect. This system can capture the harmful animals with high accuracy according to their spices and number using image which is captured with imaging sensors. In this research, we capture the image of the harmful animals from the upper air using the drone. In this case, extraction from wide range and noise of flying drone are some problems. So we make some experiments about both experimental factors such as the image from upper air and sound noise. We discuss possibility and effectiveness of the captured image from the upper air using drone. In addition, we have measured sound noise by the flying drone. From these experiments under the limited conditions such as gymnastic and so on, extraction of the harmful animals on each one meter is successful by the image captured from the upper air.

研究分野：ニューラルネットワーク

キーワード：深度画像 ドローン オプティカルフロー 画像認識 騒音

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現在、鹿や猪などの害獣被害においては、各地方自治団体で害獣対策課などが設置され、狩猟・罠などの従来対策の強化では対応不可能と判断し、高性能捕獲装置の開発が検討されている(1)~(7)。従来の害獣対策は猟銃による殺傷や、捕獲装置による捕獲が列挙できる。しかしながら、猟銃による殺傷は狩猟有資格者の高齢化ならびに銃刀法の改正で害獣殺傷数の増加を見込めない。また、既存の捕獲装置は捕獲想定領域への餌付けに多大な時間と労力を要し、装置の起動は有人であり、随時監視が必要な問題点を残し、捕獲成功率も60%程度である(1)(2)。従来機では事前に餌付けした場所に柵状のワナを設置し、人が数十メートル離れて監視し、害獣が柵内に入ったことを目視で確認しネット状の天井を人がスイッチ動作で落下させ害獣を捕獲するものである(1)(2)(7)。

2. 研究の目的

本研究はこの社会的背景から画像処理応用による無人の自律的捕獲装置の研究開発を検討している。特に、調査報告及び森林管理関係局からの聞き取り調査(1)~(7)で次の要件を満たす捕獲装置が想定される。 昼夜を問わない害獣を対象とする画像認識。 害獣の大きさ認識。 害獣の形状認識)害獣の動き検知による真偽判別。 捕獲する害獣の種類と数の指定。

本研究は画像処理と認識の観点から自律的害獣捕獲装置実現のための知的画像処理及び認識手法を新たに提案し、上記問題を解決することを目的とする。特に、Kinect は赤外線プロジェクタと赤外線カメラ、また、RGB カメラを備えている。これにより赤外線プロジェクタで対象に照射される赤外線ドットパターンを赤外線カメラで得ることで周囲の明るさの影響を受けにくい深度画像(対象との奥行情報)が得られる。この深度画像を用いて上記を高度画像処理問題として提起し、不確定要素の多い環境下での害獣捕獲装置の自動起動化信号の生成を研究する。

3. 研究の方法

研究推進の具体的施策としては、まず単一 Kinect を用いた深度画像及び可視画像による動物の形状と大きさ、さらに、オプティカルフローによる動き検知を実現し、ビデオ画像による動物の動き解析により基本的な認識システムを構築する。また、複数ユニット構成による捕獲装置(縮尺1/10)を再設計し、その起動情報になり得るかを実験で確認する(H29年度)。次に、複数 Kinect 構成に拡張し、屋外にて犬や猫類にて同様の実験を行い、昼夜に問わず提案システムが有効であることの確認を実施する(H30年度)。さらに、動物の種類を安定して特定するため可視および深度画像による動物の形状特徴抽出と認識手法に実験で得られた知見で改良を加え、最終的な汎用システムとして起動信号生成アルゴリズムを構築する。以上を基に改良の確認を実施する(H31年度)。

H29年度 単一 Kinect による害獣認識と動きによる真偽判定システムの基本研究

単一 Kinect を用いた深度画像及び可視画像による動物の形状と大きさ、さらに、オプティカルフローによる動き検知を実現し、ビデオ画像による動物の動き解析による基本的な認識システムを構築する。本研究では、提案手法の有効性を確認するため、捕獲対象としてまず、ゼンマイ駆動のおもちゃと2匹のハムスター(録画)を検討する。ここでは、それらによる室内実験の妥当性を提案手法の特徴と照らし合わせて検討する。まず、本提案の検証として実験には再現性と客観性が特に重要である。つまり、捕獲という事象とその対象が動物という不確定性を有した内容であり提案手法(特に、画像による形状認識と生物判定)の有効性の主張を室内の実験結果から実際のフィールドでの有効性として議論する必要がある。その意味で、実験の再現性と客観性を満たす捕獲対象を考案しなければならず、本研究では、動物(捕獲対象である今回は猪と鹿)のビデオ画像ならびに猟銃有資格者からの種々のヒアリングと意見交換を重視するものとする。また、より実際に近い形での捕獲信号生成手段の有効性を確認するため、1/10のミニチュア捕獲装置内で大きさと形状、さらに、動きを発生できる対象としてゼンマイ駆動のおもちゃと実物の対象として2匹のハムスター(録画)による実験を実施する。

H30年度 複数 Kinect による基本システムの拡張と屋外基本実験

ここでは、複数 Kinect 構成に拡張し、屋外にて犬や猫類にて同様の実験を行い、昼夜を問わず提案システムが有効であることの確認を実施する。

H31年度 複数 Kinect システムの改良と屋外検証実験

ここでは、最終年度として動物の種類を安定して特定するため H30 年度の可視および深度画像による動物の形状特徴抽出と認識手法に実験で得られた知見で改良を加え、最終的な汎用システムとして起動信号生成アルゴリズムを構築する。以上を基に拡張と改良を加えたシステムによる屋外実験を実施し、システムの有効性を山岳部及び平野部などのフィールドで確認する。

また、大学研究室の学部学生による実験補助グループ(5~6人体制)も必要に応じて構成する。

4. 研究成果

初年度H29年度研究実績の概要

単一 Kinect を用いた深度画像及び可視画像による動物の形状と大きさ、さらに、オプティカルフローによる動き検知を実現し、ビデオ画像による動物の動き解析による基本的な認識システムを構築した。捕獲対象としてまず、ゼンマイ駆動のおもちゃと2匹のハムスター(録画)を検討した。実験の妥当性と提案手法の特徴と照らし合わせて検討した。提案手法(特に、画像による形状認識と生物判定)の有効性の主張を室内の実験結果から実際のフィールドでの有効性として議論した。捕獲信号生成手段の有効性を確認するため、1/10のミニチュア捕獲装置内で実験を実施し、アルゴリズムの実験室内での有効性を確認した。次に、近赤外線画像(深度画像)による対象の平面的な形状、大きさ、動き認識は実験的に確認している。しかしながら、多方向からの撮像によるアルゴリズムの有効性を確認する必要があることが進行途上で明確となった。特に、15m程度の空撮での撮像画像に対するアルゴリズムの性能に関しての実験ならびに近赤外線カメラのポータブル性(可搬重量と大きさ)などが実験途上で課題となることが判明した。今回はドローンによる空撮の確認とコンパクトな近赤外線カメラの調査を実施し、次年度に本格的な空撮による対象画像の取得と認識アルゴリズムの性能確認を実施予定する。

また、実験においてドローンによる空撮時に、山岳地域などに設置される高圧電線による磁界の影響で地磁気センサを使用し姿勢制御するドローンが影響を受けることも判明した。今後、モビリティ近赤外線カメラ(ドローン)の制御においても一考が必要なことが判明している。一方、甲南大学田中雅博教授との情報交換会を企画し、深度画像の取り扱いの知見とその有効性さらに今後の近赤外線取得デバイスの動向についても意見交換を実施した。

上記に続いて近赤外線深度センサカメラ3種類を購入し、体育館にてドローンにカメラを装着し、対象距離と対象抽出精度及び騒音メーターによるドローンのノイズなどを測定し体系的なマルチアングル撮像の基礎データを取得した。

2年目H30年度研究業績の概要

研究当初において複数方向からの画像に対する検知アルゴリズムの性能確認が必要なことが想定された。平面的なアングルの撮像だけでなく、近年のドローンによる使用用途の有効性と展開性に着眼し、空撮による取得画像を取り入れ本研究成果のより実践的なアルゴリズムへの展開を計画した。この確認のためモビリティ撮像装置としてドローンを導入し、空撮画像の取得に研究の主体を傾倒させた。鉄筋コンクリート内の撮像、グラウンドでの撮像においてなど想定内での環境での空撮実験を実施した。ただし、磁界の影響を受けるところでは飛行制御が安定せず自ずと撮像においても支障を来すことが判明した。

実際に害獣捕獲のフィールドでは山岳部も多分に含まれ高圧送電線などの近隣での撮像が必要となる。このように撮像と検知アルゴリズムは表裏一体であり、双方方向から研究を実施した。

上記に加え、小型可視及び近赤外線による深度センサカメラを用い、高度、2m、4m、6m、8mでドローンによる空撮画像取得実験を実施した。特に、対象を背景から抽出することでマルチアングルの撮像性能を評価し、かつ、ドローンの騒音も併せて測定し、ドローン導入での空撮マルチアングル撮像の有効性と問題点を洗い出した。

以後の研究の推進方策

平成31年度以降は空撮によるアルゴリズム検知性能の評価と評価結果のアルゴリズムへのフィードバックを予定する。また、可搬性とコンパクトな近赤外線画像取得デバイスの選定とドローンへの装着を試みる。また、可視画像と深度画像の併用によるトータルなアルゴリズム性能においても複数アングルによる空撮画像で確認を予定する。

また、モビリティ撮像デバイスとしてのドローンに対しても磁気の変化の大きい環境でも安定した飛行と撮像が可能な仕組みの考案と施策を試みる予定である。今回は、室内での空撮撮像でかつ高度は低空で縮小実験とした。また、騒音の問題と飛翔高度の関係を実験したが、実際の屋外での飛翔マルチ空撮による対象抽出実験が必要と判断している。

今後、最終年度では近赤外線深度画像と可視画像の併用によるドローンによるマルチアングル撮像を屋外で10mから20mの範囲で実施し、実スケールの規模での撮像画像の害獣捕獲にどれくらい有効であるかを検討予定とする。

最終年度H31年度研究業績の概要

単一 Kinect を用いた深度及び可視画像による動物の形状と大きさ、さらに、オプティカルフローによる動き検知を実現し、画像による動物の動き解析による基本的な認識システムを構築してきた。これらにより、実験の妥当性と提案手法の特徴とを照らし合わせて検討した。提案手法の有効性を室内の実験結果からフィールドでの有効性として議論した。しかしながら、多方向からの撮像によるアルゴリズムの有効性を確認する必要があることが明確となった。特に、15m程度の空撮での撮像画像に対するアルゴリズムの性能に関して、近赤外線カメラのポータブル性(搬重量と大きさ)などが実験で課題判明した。本研究ではドローンによる空撮の確認とコンパクトな近赤外線カメラの調査を実施し、本格的な空撮による対象画像の取得と認識アルゴリズムの性能確認を実施した。また、実験においてドローンによる空撮時に、山岳地域などの高圧電線

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

による磁界の影響で地磁気センサを使用し姿勢制御するドローンが影響を受けることも判明した。一方、甲南大学田中雅博教授との情報交換会を企画し、深度画像の取り扱いの知見とその有効性、また、今後の近赤外線取得デバイスの動向について意見交換を実施した。上記に続いて近赤外線深度センサカメラ 3 種類により体育館にてドローンにカメラを装着し、対象距離と対象抽出精度及び騒音計によるドローンのノイズなどを測定し体系的なマルチアングル撮像の基礎データを取得した。最終年度においてはドローンに広視野カメラを搭載し、マルチアングル撮像による空撮画像から害獣である対象を抽出可能かの確認を実験的に実施した。室内高さ 15m の体育館内での限定的環境ではあるが、1m～10m まで 1m ごとの騒音と空撮画像からの対象の自動抽出実験では、捕獲領域のトリミング、各種ノイズ除去、さらに、騒音計測などを行い、技術的に空撮からの対象抽出は可能であることを示した。

<引用文献>

- (1) 兵庫県森林動物研究センター：「新型シカ捕獲装置マニュアル(Ver.2)」, pp.1-23 (2010)
- (2) 徳島県農村農地政策局農村振興課：「管理捕獲型囲いワナ設置マニュアル」, pp.1-14 (2011)
- (3) (株)野生動物保護管理事務所：「平成 22 年度特定鳥獣保護管理計画モニタリング手法等開発調査」, pp1-45 (2011)
- (4) 宇野裕之・他 4 名：「アルパインキャプチャーによるニホンジカの大量捕獲法の検討」, 哺乳類科学、36(1)、 pp.25-32 (1996)
- (5) Conner、 M. C., E. C. Soutiere and R. A. Lancia.: "Drop-netting deer: costs and incidence of capture myopathy", Wildl. Soc. Bull. 15、 pp.434-438 (1987)
- (6) Ramsay、 C. W.: "A drop-net deer trap", J. Wildl. Manage. 32、 pp.187-190 (1968)
- (7) 遠藤晃・他 4 名：「2000. シカ用生け捕りワナ EN-TRAP の試作・適用」, 哺乳類科学、 40(2)、 pp.145-153 (2000)

以下、ドローンによる空撮画像を対象とした広視野角カメラ画像による害獣捕獲システムの対象抽出について総括を示す。

1.はじめに

全国で害獣による山林や農作物への被害が相次いでいる。広島県内では有害鳥獣対策課などを設置し狩猟・罠などの従来の対策の強化では不十分と判断しており、新規高機能捕獲装置の設置普及に取り組んでいる[1]。本研究ではこのような背景から、広視野角センサカメラと飛行型検査装置(以後、ドローンと記載する)を用いて対象物の背景からの抽出可能性を仮想環境での実験により確認する。以上の検討により、実環境での空撮による害獣捕獲システム開発の一助とする。

2.実験機器の概要

今回使用する機器はドローン Phantom4、広視野角センサカメラ LeadSense N1、騒音計、新害獣捕獲装置である。ドローン、センサカメラ、騒音計、新害獣捕獲装置の外観を図 1~4 に示す。



図 1. Phantom4



図 2. LeadSense N1



図 3. 騒音計



図 4. 新害獣捕獲装置

3.実験方法

ドローンにセンサカメラを搭載し、高さ 1m から 10m まで 1m ごとに対象物であるミニチュアのネズミをグレースケール画像で撮像する。撮像の際は、害獣捕獲装置上に抽出対象であるネズミのミニチュアを置く。害獣捕獲装置上の中央、前後左右、2 匹の計 6 枚の画像を各高さごとに撮像する。害獣捕獲装置上に騒音計を設置し、各高さごとにドローンの駆動音による騒音の大きさを測定する。

撮像された画像から対象物を抽出するために、OpenCV のプロブ抽出を用いる。実験 1 ではグレースケール画像から対象物を抽出した。実験 2 では害獣捕獲装置の領域をトリミングし白い画像フレームに貼り付け、外接長方形の面積の範囲で判定し抽出した。実験 3 では実験 2 の手法に加えて対象物のエッジで囲まれた面積の範囲で判定し抽出した。

4.実験結果

2mの高さから撮像した画像と実験1~3により抽出した画像を図.5~8に、各高さごとの騒音の大きさの平均値を出した結果を表1に示す。また、撮像した60枚の画像のうち実験1の抽出率は0/60(0%)、実験2の抽出率は57/60(95%)、実験3の抽出率は60/60(100%)であった。

表1. 各高さごとの騒音の大きさの平均値

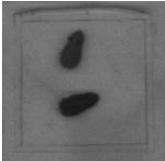
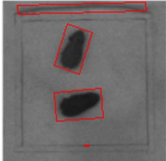
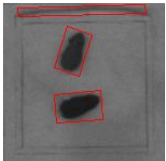
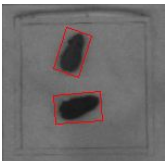
									
音量[dB]	88~89	83~84	78~80	76~78	74~76				
	6m	7m	8m	9m	10m				
音量[dB]	72~73	70~71	70~71	70~71	70~71				

図5. 2m 2匹 図6. 実験1 図7. 実験2 図8. 実験3

5.考察とまとめ

実験1、2は対象物の抽出が不十分な結果であった。しかしながら、実験3では全ての対象物の抽出を行うことができた。屋外撮像で抽出対象が土や草が生えている場所に移動する場合においても、本提案手法(グレースケール画像 + トリミング + 長方形と対象物の面積判定)であれば抽出が可能であると想定する。ドローンの駆動音の測定で高さが1mでは約90dBで犬が吠えるくらいの大きさであり、10mの高さでも約70dBでこれはセミの鳴き声の大きさと同じであった[2]。今後は静かな住宅地の昼の大きさである40dB以下の音の大きさを目安にして撮像距離を伸ばしていく予定である。

参考文献

- [1]迎 佑亮、竹田史章 “動物の画像を起動信号に用いる知的害獣捕獲装置システムの提案”、システム制御情報学会 研究発表講演会論文集、126-1(CD-ROM),2014
- [2] https://www.skklab.com/standard_value

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 竹田 史章
2. 発表標題 害獣捕獲および監視用空撮マルチコプターの飛翔性能調査実験
3. 学会等名 高速信号処理応用技術学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹田 史章, 吾郷 友亮, 塚本 真也, 間宮 稔, 青木 仁史
2. 発表標題 先進的画像処理及びAIを用いた自律学習によるチキンの夾雑物検知システムの提案
3. 学会等名 高速信号処理応用技術学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹田 史章, 村中 元紀
2. 発表標題 飛翔型ドローンによる空撮画像良否判定システム
3. 学会等名 システム制御情報学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹田 史章
2. 発表標題 ドローンとセンサカメラによる地上対象の画像抽出
3. 学会等名 高速信号処理応用技術学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹田 史章, 後藤 大輝
2. 発表標題 ドローンによる空撮画像を用いた害獣捕獲システムの対象抽出
3. 学会等名 システム制御情報学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 マルチコプターを対象とする壁面トレース型飛行制御システム	発明者 竹田 史章, 向田 尊 俊	権利者 テクノス三原株 式会社
産業財産権の種類、番号 特許、第6628373号	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考