

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 9 月 5 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00228

研究課題名(和文) 赤外線監視カメラ映像を用いた害獣自動検出

研究課題名(英文) Automated Vermin Detection Using Infrared Surveillance Cameras

研究代表者

横田 康成 (YOKOTA, Yasunari)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：00262957

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：近年、食の安全への関心の高まりから、飲食店、食品工場(以下、現場)などに出現するネズミなどの害獣の監視、駆除が強く求められるようになってきた。監視や駆除を効率的に行うため、あるいは駆除の効果を確認するため、現場に設置された赤外線監視カメラによる映像を利用することがある。人による目視による映像の調査は負担が大きく、見落としなど正確性に欠ける問題がある。そこで本研究では、監視カメラ映像から背景差分法などを利用して移動物体を検出したのち、動きの時空間的パターンを分析し、それが検出対象特有のものであるかを判定することにより特定の害獣を自動検出する手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：In late years, the monitoring or the exterminating the vermin such as rats or insects appeared in a restaurant or a food factory came to be strongly demanded from a surge of the interest in food safety. To perform monitoring and the extermination effectively and to confirm an effect of the extermination, the video images from infrared surveillance cameras installed at such a local site are often used. The visual inspection of the video by a human forces the inspector to a burden and causes the degradation of the inspection accuracy. Therefore, this study developed an automated detection system of the specified vermin; this system first detects moving objects in the video images from infrared surveillance cameras, then analyzes the spatio-temporal pattern of the motion of the moving objects, and compares the pattern to that of the target vermin.

研究分野：情報工学

キーワード：害獣検知 異常検知 ネズミ検知 動き検知 赤外線監視カメラ 画像処理 画像認識 パターン認識

1. 研究開始当初の背景

近年、食の安全への関心の高まりから、飲食店、食品工場（以下、現場）などに出現するネズミ、虫などの害獣、害虫の監視、駆除が強く求められるようになってきた。監視や駆除を効率的に行うため、あるいは駆除の効果を確認するため、現場に設置された赤外線監視カメラによる映像を調査することがある。こうした映像において、全録画時間に対し害獣、害虫が出現する割合は1%にも満たないことが普通であり、こうした調査を人の目視により行うことは、調査員の負担が大きい割に効率が悪いだけでなく、見落としなど正確性に欠ける問題がある。そこで、監視カメラ映像を計算機により画像処理することにより、害獣や害虫を自動検出し、出現した時刻、場所などを記録できるシステムが必要とされている。

2. 研究の目的

害獣、害虫検出に用いる赤外線監視カメラ映像は、コストの観点から赤外線光源の輝度が十分ではなく、また、高圧縮率の画像圧縮が施されていることが多いため、雑音やひずみなどが多く低品質画像であることが普通である。また、映像には、害獣、害虫以外にも、作業員、機械、ライト、ほこりなど様々なものが映りこむため、これらと区別して、害獣や害虫など目的の対象を検出する必要がある。対象となる害獣や害虫自身も、映像中に占める面積はそれほど小さくなく、静止画を見ただけではその存在すらが分からず、人の顔認識のように形状情報を利用できないことがほとんどである。本研究で記録された映像において、ネズミの形状が分かる例を図1(a)に、眼だけが光って映っている例を図1(b)に示す。図中、ネズミの位置を四角で囲んで示してある。ネズミの形状が分かる場合だけでなく、眼だけが映っている場合も検出しなければならない。

以上のような条件での移動物体の検出では、対象とする害獣や害虫の特有な動きのパターンを利用し、雑音、ひずみの大きな低品質映像からそのパターンを検出することが必要となる。実際、検査員が監視カメラ映像からこれらの対象を見つけ出す際には、このような動きのパターンを利用している。本研究では、ネズミを対象害獣とし、その時空間的な動きのパターンをモデル化し、雑音やひずみの中から、こうしたパターンの移動物体を検出することが目的である。

3. 研究の方法

3.1 害獣、害虫検出システムのハードウェア構成

飲食店、食品工場などの現場に設置された赤外線監視カメラ映像を計算機で画像処理し、検出対象が検出された時刻と座標の組からなる数列と検出された時刻で切り出されたビデオ映像が本システムの最終的な出力となる。現場には、一般に複数の監視カメラとビデオキャプチャ（AD変換）機能を有する1台もしくは



図 1: 身体全体が映るネズミ (a) と目のみが映るネズミ (b) の一例

複数台の計算機が設置される。これらの計算機はネットワークを通じて外部、もしくはクラウド上のデータセンターにある計算機に接続されている。

ここで、現場で収集されたビデオ映像のすべてをデータセンターに送り、データセンターにある計算機で害獣、害虫検出を行う方法と現場に設置された計算機で害獣、害虫検出を行う方法が考えられる。前者では、膨大なすべてのビデオ映像をネットワークを介して送るため、回線のコストがかかる。一方、後者では、結果だけを送信すればよいため回線のコストは最低限で済むが、現場に十分な性能の計算機を設置しなければならず、そのための電源、空調などの環境整備が必要になる。

どちらも一長一短があるが、本研究では両者の中庸的な第三の選択肢を採用することにした。つまり、現場の計算機では、比較的計算機の負荷が少ない方法により、高い検出率かつ低い誤検出率の、つまり怪しいものをすべて検出する1次検出を行い、検出された時刻で切り出された映像をデータセンターに送信する。データセンターでは、送られた映像に対し、対象とする害獣、害虫であるかを判定する2次検出を行う。システムの構成図を図2に示す。この方法により、ネットワークを介して送られるデータ量は、全映像を送る場合に比べて1/100以下に抑えることができ、かつ現場に設置している計算機の計算コストも抑えられ、特殊な計算機環境を設置する必要がなくなる。

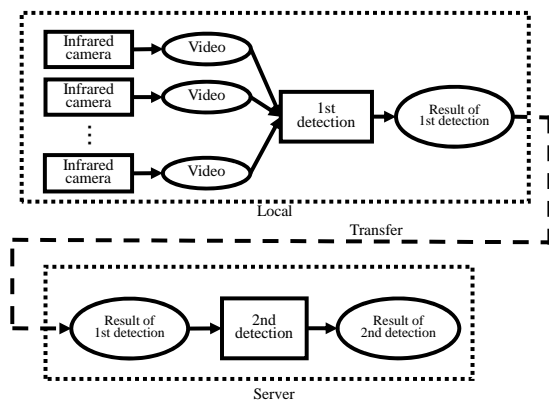


図 2: システムの構成図

3.2 害獣、害虫の検出方法

3.2.1 確率的背景差分法

前述したように、ビデオ映像の静止画から対象とする害獣や害虫の形状のみを利用して検出することは非常に困難であり、まずは動きのある物体の検出を行う必要がある。一般的には移動物体の検出にはフレーム間差分法、背景差分法が用いられる。前者は移動物体のサイズに比較して移動速度が速い場合に適用でき、後者は移動速度が比較的遅く、一時的に停止している対象にも適用できる。害獣や害虫の場合、一時的に静止している、もしくは移動速度が非常に遅い場合もあるため、本研究では背景差分法を採用する。

背景差分法は、移動物体の映っていない背景画像を用意し、この背景画像と各時刻（フレーム）の画像の画素ごとの差がある閾値以上であれば、その画素に移動物体が存在していると判断する手法である。前述したように、対象とする監視カメラ映像は非常に雑音が多い。さらに、画素により雑音の大きさが異なる。したがって、検出感度を高めるためには、背景画像を正確に求めるだけでなく、画素ごとに雑音による輝度値の変動範囲を求め、それらに応じて適切な閾値を設定する必要がある。つまり、画素 (x, y) の背景画像を $I_{bg}(x, y)$ 、雑音による輝度の変動幅を $\sigma_{bg}(x, y)$ とするならば、 $I_{bg}(x, y) \pm \sigma_{bg}(x, y)$ の範囲を超えた場合、移動物体が存在すると判断することになる。本研究では、こうした背景差分法を確率的背景差分法と呼び、 $I_{bg}(x, y)$ 、および $\sigma_{bg}(x, y)$ の動的な推定法を提案した。この手法は、雑誌論文 2, 3 が基礎となり、他の分野の研究（雑誌論文 1）にも応用されている。

3.2.2 1 次検出における時空間的形状を利用した判定

確率的背景差分法により検出された移動物体を $d(x, y, t)$ で表す。これは、画素 (x, y) 、時刻（フレーム） t において移動物体が検出された場合、 $d(x, y, t) = 1$ 、検出されていない場合、 $d(x, y, t) = 0$ となる 2 値をとる動画である。 $d(x, y, t)$ のそれぞれの 3 次元連続

領域を一連の出現と呼ぶ。それぞれの一連の出現に対し、その時空間的形状から検出対象であるか否かを判断するが、前述したように 1 次検出では明らかに検出対象ではない場合を除いて、すべて検出対象であるものとして 2 次検出に送る。

3.2.3 2 次検出で利用する検出対象の時空間的特徴

2 次検出では、検出されたそれぞれの一連の出現に対し、対象とするネズミの動きの 패턴に合致したものをネズミと判定する。そのためには、ネズミがどのような動きをするかを知る必要がある。そこで、収集したビデオ映像を対象に、人が何を基準にネズミと判断しているかを調査した。その結果、人は、カメラから遠方に出現し、ネズミの目のみが光って映り、目のみが検出できている場合と、中距離距離にネズミが出現しネズミの胴体部分も検出できている場合、さらにごく近距離に出現している場合に分けて認識していると考えた（図 1 を参照）。

カメラから遠方ではカメラに取り付けられた赤外線光源が届きにくいいため、全体的に暗く映っているが、ネズミのような夜行性動物の目は、反射率が高いため、小さいものの背景に比べるとかなり明るく映る。ネズミは、頻繁に顔の向きを変え、かつ移動するため、こうした小さく輝度の高い部分は、不規則に明滅し、移動する。様々な装置の作動ランプが点灯、もしくは点滅した場合、同様に小さな輝度の高い部分として検出されるが決して移動しない。ネズミの目の場合、一瞬だけ映り、後ろを向いたため消え、また映るということを繰り返すことがある。そのため、一連の出現それぞれを単独で判断すると、時間的に短いためにネズミではないと判定される可能性があるため、複数の一連の出現が時空間的に近接している場合には一連の出現であると考えて処理している。

カメラから中距離の位置にネズミが出現した場合には、ネズミの胴体部分も検出されることがある。胴体部分は、背景よりも暗く映ることが多いが、明るく映る場合もある。こうしたネズミと同程度の空間的サイズとして映る対象には、ホコリと飛翔虫がある。ホコリと飛翔虫は、カメラから比較的近距离を飛ぶ場合に、赤外線光源を受けて明るく映る。近距离であるがゆえにカメラのピントが合わないためピンボケして大きな円形に映る。ネズミとの大きな違いは、ネズミが動いたり止まったりを繰り返すのに対し、ホコリと飛翔虫は、滑らかに動き続ける。また、ネズミは、動く際には、動く方向に対して身体を伸縮させるが、ホコリと飛翔虫は、カメラからの距離に応じてサイズは変化するものの、形状は円形のまま変化しない。さらには、ネズミは一定以上の速度で移動する場合、直線的にしか移動しないが、ホコリと飛翔虫は、曲線的に動くことが多い。

また、カメラから近距离にネズミが出現している場合には、ピンボケし高輝度で大きく映る。ネズミの尻尾のみが画面を横切ることもあるし、ネズミがカメラに触れている場合には、カメラが振動しており、この

ことからネズミの存在を疑えることもある．比較的大きく映る対象として，人がある．人と近距離のネズミの違いは，画像中のサイズが比較的同じであっても，ネズミが人と同じサイズに映るためにはカメラからの距離はより近くなっているはずであり，そのため，一連の出現では画面の片側から反対側に通り抜けるように移動することが多い．一方，人はこうした現場では大抵は作業中であるため，このような移動はしない．

3.2.4 検出対象の時空間的特徴に合致した対象の検出

1次検出で検出された一連の出現を表す3次元連結領域それぞれに対し，4.3で述べた検出対象の時空間的特徴に合致しているかを判定し，検出対象であるかを決定する．その手法はモルフォロジー演算を基本とするが，その詳細は学位論文1, 2, 3に示されている．また，基本となる信号処理などは図書1などを参考にしている．また，検出法そのものの評価方法は，産業財産権1に示されている．

4. 研究の成果

撮影現場の一つである飲食店の調理場において，提案法によりネズミを検出した結果の一例を図3に示す．図3(a)は背景画像であり，図3(b)は一定時間にネズミを検出した画素を明るく表示し，検出されなかった画素を暗く表示することにより，ネズミの軌跡を表現したものである．調理場の床のみならず，鍋の蓋の上や調理台の上をネズミが歩いていることが分かる．

また，提案法におけるネズミ検出における検出率と誤検出率の関係を図4に示す．図中，記号▲は1次検出の結果，記号●は2次検出の結果を表す．複数の記号は，検出法におけるパラメータを変えたときの結果を表す．一般的には図において左上に近い，つまり誤検出率が低く検出率が高いほど優れたパラメータの値であると判断される．1次検出に比べると2次検出を行うことにより，検出率を保ったまま誤検出率を1/3～1/4に減少させられることが分かる．

なお，この評価は，提案法の評価用に，撮影されたすべての映像から特に検出の難しい雑音の多い映像を取り出して作られた評価用データに対して行ったものである．一般的な撮影データに対しては，検出率は99%以上，誤検出率は0.1%未満である．

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

- ① Fumio Nogata, Yasunari Yokota, Yoko Kawamura, William R. Walsh, Taro Goto, and Kenji Kagechika, Stiffness estimation from arterial wall vibration and its application: A new ear-phone for examining arteriosclerosis between music and next music, International Journal of Computer and Information Technology, vol. 6,

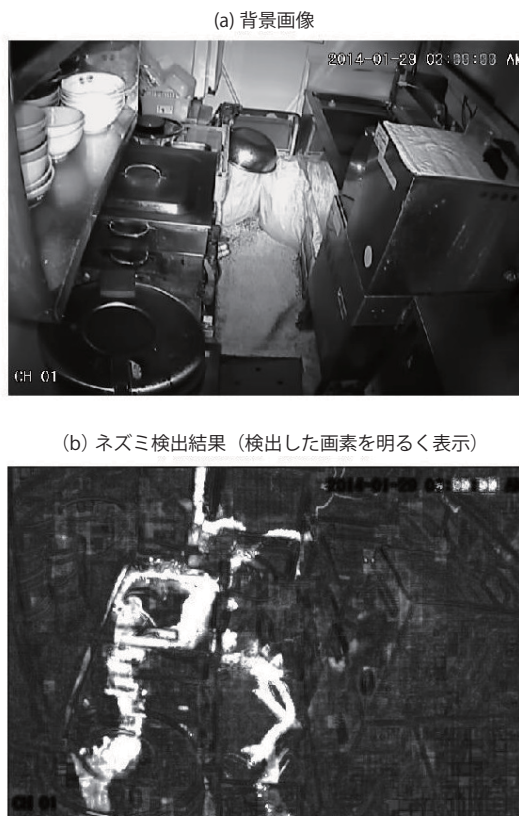


図3: 検出されたネズミの軌跡の一例

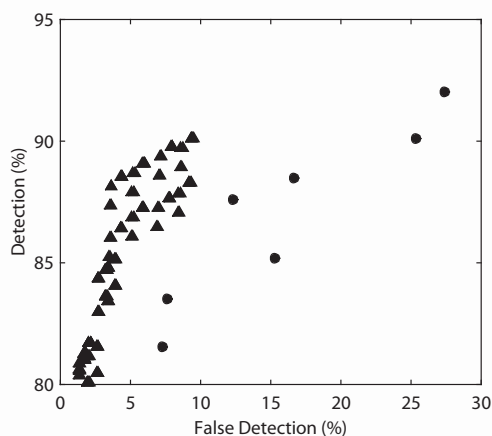


図4: ネズミ検出における検出率と誤検出率の関係

pp.7-13, 2017 (査読あり)

- ② Tian Ye and Yasunari Yokota, Noise estimation for speech enhancement based on quasi-Gaussian distributed power spectrum series by radical root transformation, IECIE Trans. on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, vol. E100-A, no.6, pp. 1306-1314, 2017 (査読あり)
- ③ 横田 康成, 田 野, 累乗根変換によるパワースペクトル系列の準正規分布下方と突発性ノイズに頑健なパワースペクトル密度推定への応用, 電子情報通信学会論文誌, vol. J99-A, no. 3, pp. 149-158, 2016 (査読あり)

[学位論文](計 3 件)

- ① 野々部 遼太, 赤外線カメラ映像における動きのパターン特徴を利用したネズミ自動検出, 岐阜大学工学研究科修士論文, 2017
- ② 野々部 遼太, 動画像中のネズミ自動検出法の精度評価 ~ 評価用データベースの作成と検出率・誤検出率算出法の策定 ~ , 岐阜大学工学部卒業論文, 2015
- ③ 管 辰, 移動物体の時空間的特徴を利用した動画像中の移動物体検出, 岐阜大学工学研究科修士論文, 2014

[図書](計 1 件)

- ① 信号処理の基礎 (第 2 刷), 森北出版 (情報工学レクチャーシリーズ), 横田 康成 (単著, 148 頁), 2018

[産業財産権](計 1 件)

- ① 名称: ネズミ検出システムの評価方法
発明者: 横田 康成, 四ツ谷 輝久, 片山 淳一郎, 梅木 厚生
権利者: 国立大学法人岐阜大学
番号: 特許出願 2014-011659
番号: 特許公開 2015-149204
出願日: 2014 年 1 月 24 日
告知日: 2015 年 7 月 30 日
国内外の種別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www1.gifu-u.ac.jp/~yktlab/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

横田 康成 (YOKOTA, Yasunari)
岐阜大学・工学部・教授

研究者番号 00262957

(2) 研究協力者

- ・ 環境機器株式会社
- ・ 株式会社防除研究所