

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 26 日現在

機関番号：55502

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510210

研究課題名(和文) 沿岸部を対象にしたカメラと画像処理による異常行動監視システム

研究課題名(英文) Automatic Coastal Surveillance System Using Thermal Camera And Image Processing

研究代表者

岡村 健史郎 (OKAMURA, Kenshiro)

大島商船高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：60194388

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：犯罪が多発する地方の養殖場や漁港を対象に、領域に進入してくる物体を、カメラ画像を用いて、昼夜を問わず自動的に検出・追跡することが出来る監視システムの開発を目的としている。初年度において、視点固定型のカメラを用いて、物体を3次元世界上で追跡することで、その存在位置や大きさを精度良く求めることが出来るようにした。2年目において、夜間においても移動物体が撮影可能なサーマルカメラを用い、長期間にわたり常時データを取得する体制を整え、3年目において、様々な時間や天候のもので得られたサーマルカメラからの画像に対しても、精度良く進入物体を3次元空間上で検出・追跡出来ることを示した。

研究成果の概要(英文)：A coastal area is exposed to a great number of threats such as smuggling, poaching, stealing fishing implements and some other crimes. These crimes are mostly committed after dark and in places where there are no lights. A thermal camera can detect heat energy and it has higher detection accuracy in complete darkness. New materials and other improvements make its price more reasonable and provide good tools for all-day surveillance. Therefore, using the thermal camera, we show some methods that provide the automatic video surveillance system with the ability to detect moving objects and determine the 3D positions and the sizes of these objects.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、社会システム工学・安全システム

キーワード：湾岸監視 安心・安全 密漁 サーマルカメラ パーティクルフィルタ 固有空間法

1. 研究開始当初の背景

(1) 養殖場や漁港近辺における密漁、漁具の盗難、漁港施設への無断侵入などの事件が多発している。例えば、一部の漁業者による違法な操業や資金確保を目論む暴力団等による水産資源の乱獲により国内密漁事犯は、平成16年の1241件から平成20年には1929件と大幅に増加している（海上保安レポート2009）。

(2) 近年の湾岸警備はテロ対策に代表されるように、高精度な監視カメラとソナーを用いて、常時、人間の目視を必要とする大がかりなもので、人手を多くかけられない地方の湾岸施設には適さない。

(3) 地方の漁村では漁労人口の減少と高齢化により、養殖場や漁港近辺の監視は手薄となる一方、事件や事故が発生する機会が多くなっており、地方の養殖場や漁港を対象にした安心・安全なシステム作りが急務である。

2. 研究の目的

(1) 進入物体の実世界上での位置、大きさなどの推定

監視対象となる湾岸領域は、陸上の施設と比べ非常に対象領域が大きく、検出対象は画像上に非常に小さく映る。特に、昼夜を通して領域を観測するには赤外線サーマルカメラを利用する必要があるが、可視光線カメラと比較すると解像度も低く、得られる情報は濃淡画像で情報量も少ない。このような条件下において、自動監視を行うためには、進入する物体を実世界上の座標空間（3次元空間）上で追跡し、実世界上での位置、移動速度、更には大きさを求める必要がある。

(2) 日照条件や監視時間に左右されない頑健な検出手法の開発

海上を含む領域を対象に侵入物体を検出しようとする、波浪や潮の干満により海面部分が常に変化するため、これに応じて海面の明度、係留された船などの浮遊物の位置、および潮位が変動し、進入物体によって生じる画像の明度変化と区別することが非常に難しい。そのため天候や潮位、撮影時間に影響されずに侵入物体の領域を精度良く検出することが必要になってくる。

(3) 異常行動を行う物体の検出

観察領域に侵入した物体の全てが不審なものではない。特に、昼間は多くの人物が観察領域に侵入してくるため、これら全てを通報すると監視システムの信頼性低下につながる。そのため、この中から不審な行動をする人物や物体を検出することが必要である。

3. 研究の方法

(1) カメラキャリブレーションとパーティクルフィルタを用いた3次元空間上での物体追跡

2次元の画像を観測して3次元空間(実世界)における物体の大きさや位置を知るために、サーマルカメラに対してキャリブレーションを行い、3次元空間である世界座標と2次元空間である画像座標を対応させる。カメラキャリブレーションとは、カメラによって撮影された画像から、焦点距離などのカメラ固有の内部パラメータと世界座標系におけるカメラの位置や姿勢を表す外部パラメータを求める処理である。

サーマルカメラは解像度が一般のカメラに

比べ低く、監視領域が大きいため、検出物体は非常に小さく映る。そのためキャリブレーション誤差は一般のカメラに比べより小さくなることが求められる。特に、検出・追跡処理では遠く離れた撮影対象がどの程度の大きさに写るかが問題となる。このような測定レンジを問題とする場合、その性能を表すものにジョンソンの判定基準 (Johnson's criteria) がある。本研究では、解像度の低い一般的なサーマルカメラを用いた場合でも、世界座標と画像座標との対応付けの誤差がジョンソンの判定基準を満たすことで、許容範囲内に収まることを示した。

(2)サーマルカメラ画像を対象にした複数の固有空間を用いた進入物体領域抽出

湾岸領域では、波による海面の変動だけでなく、それによる光の反射や港に停泊している船の位置が変動するといった背景変動が常に発生する。更に、湾岸領域では広範囲を監視しなければならず、検出対象は小さく映る。これらに加え、夜間監視可能なサーマルカメラから得られる画像は、低解像度の濃淡画像で、情報量が非常に少ない。図 1(a)に監視対象である湾岸領域を通常の可視光線カメラで撮影した様子を示す。また、この領域を一般的に普及しているサーマルカメラ (AXIS 社製 Q1921) にて撮影した画像を(b)に示す。このカメラの解像度は 384×288 である。

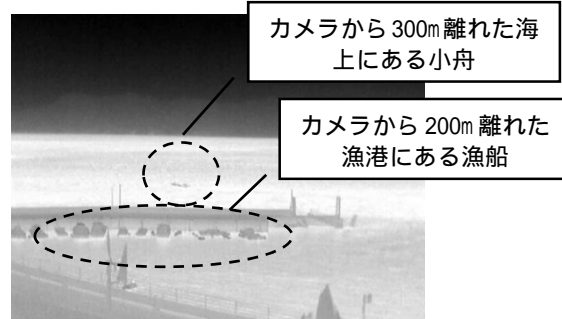
この様な問題に対して、本研究では画像をブロック分割し、それぞれのブロック毎に固有空間を作成して背景モデルを作成することで精度向上を図った。この固有空間を作成するにあたり、その空間次元数を背景が持つ変動量により適応的に変化させることでより検出精度を高めることが出来た。

(3) ハールウェーブレット変換を用いた画像の先鋭化と MHI による異常行動の検出

MHI(モーションヒストリーイメージ)の濃度勾配ヒストグラムを行動表現の特徴量とする研究が行われている。本研究では、MHI 画像を抽出する前に、3角形ハールウェーブレット変換で画像を先鋭化する前処理をおこなうことで精度の向上を行った。



(a)観測した湾岸領域 (可視光線カメラで撮影)



(b)サーマルカメラ画像 (濃淡表示)

図 1 対象領域とサーマルカメラ画像

4. 研究成果

(1) 一般的なサーマルカメラの湾岸領域自動監視への利用可能性の検証

2次元の画像を観測して3次元空間(実世界)における物体の大きさや位置を知るために、サーマルカメラのキャリブレーションを行い、3次元空間である世界座標と2次元空間である画像座標とを対応させた。図1の観測対象領域の陸上部に50×50(cm)の発熱物体を置き、サーマルカメラで撮影する方法で測定を行った。この時に撮影した画像の一例を図2に示す。

キャリブレーション誤差は、図1の陸上部

において識別に必要な基準であるジョンソンの判定基準内に収まることが分かった。この結果から、一般的なサーマルカメラを用いて 200m ほど離れた地点を観測した場合でも、2次元空間である画像座標と 3次元空間である世界座標の対応付けが可能であることが明らかになった。

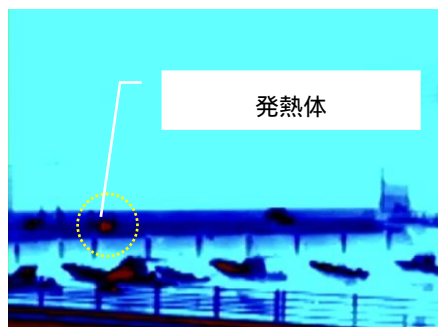


図2 サーマルカメラ画像(疑似カラー表示)

(2)物体の大きさ推定と進入検出・追跡

(1)の研究成果よりサーマルカメラ画像においても、世界座標と画像座標の対応が可能であることが確認できた。これより、視点固定型のサーマルカメラ 1 台を用いて湾岸部を撮影し、パーティクルフィルタのパーティクルの分布状況から物体の大きさの推定を行った。観測対象はカメラからおよそ 200m 離れた地点に進入してきた人物、自動車である。人物領域を 3 次元空間上で推定し、その領域を直方体で囲んだものを 2 次元画像に投影し、その直方体の枠を緑の枠線で示した様子を図 3 に示す。図 3 においては、物体部分を拡大してそれぞれの画像の右上隅に赤枠で囲んで表示している。

物体を囲んだ直方体の大きさは、カメラの視線方向(奥行き方向)は若干大きくなったものの、横及び高さ方向の大きさは、昼夜を問わず、人物、自動車、何れの物体においても実際の大きさに非常に近い値を得ることが出

来た。これより、昼夜を問わず人物、自動車などの進入物体の大きさを精度良く検出できることが明らかになった。

陸上から漁港に進入してくる人物、自動車などを検出・追跡した結果を表 1 に示す。進入物体 50 個に対して、進入検出率は 86%、進後から退出までを続けて追跡できた割合は 70%となった。また、進入物体が無いにもかかわらず進入として誤検出する例は無かった。カメラから遠く離れた物体は画面上では数画素の大きさしか映らないにもかかわらず、高い進入物体検出率を得ることが出来た。

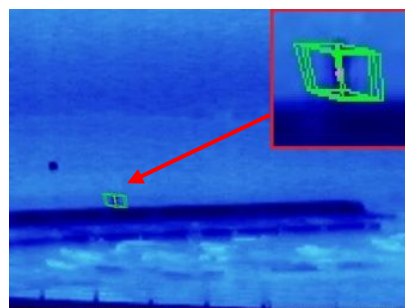


図3 3次元空間上で推定した人物領域

表1 陸上部における進入物体検出・追跡成功率
進入物体数 50

	成功数[個]	成功率[%]
検出	43	86
追跡	35	70

(3)海面を含む広範囲の湾岸領域を対象とした進入物体の検出

湾岸領域では、波による海面の変動だけでなく、それによる光の反射や港に停泊している船の位置が変動するといった背景変動が常に発生する。この様な問題に対して、画像をブロック分割し、それぞれのブロック毎に固有空間法を用いて背景モデルを作成することで検出の精度を高めた。

実験では、図 1(a)に示した対象領域をサー

マルカメラで撮影し、カメラから 200m ~ 4,000m 程度離れた海上領域(領域 1)、200m 程度離れた陸上領域(領域 2)、100m程度離れた海上領域(領域 3)、50m程度離れた陸上領域(領域 4)なる四つの領域を対象にそれぞれ物体領域検出率を求めた。サーマルカメラで撮影した四つの領域を図 4 に示す。

各領域において進入してきた物体とその領域を抽出した例を図 5 に示す。何れも物体をわかりやすくするために実際の画像よりも拡大している。領域毎の物体領域検出率を表 2 に示す。領域 1 にはカメラから 4,000m 程度離れたところに船舶航路があり、この航路を通る船舶が数画素程度にしか映らず、検出率が低くなっているものの、その他の領域では高い検出率を示した。特にカメラから 200m 以内範囲にある物体は、天候や時間に関係なく 100%検出することが出来た。



図 4 湾岸領域とそのサーマルカメラ画像

(4)異常行動の検出

カメラで撮影した複数人物を含む動画像を対象に、3 角形ハールウェーブレット変換で先鋭化の前処理をおこなった後、フレーム間差分処理を施し、MHI の濃度勾配ヒストグラムを特徴量としてサポートベクターマシン (SVM) にて、異常行動と正常行動との判別を行った。この結果、SVM のマージンを-0.2 にしたとき FAR=FRR となり、およそ 70%の

異常行動を正しく判定できた。この結果を図 6 に示す。

表 2 領域毎の物体検出結果

領域名	領域 1	領域 2	領域 3	領域 4
物体数	51	144	17	32
検出率 [%]	52.9	65.3	100.0	100.0

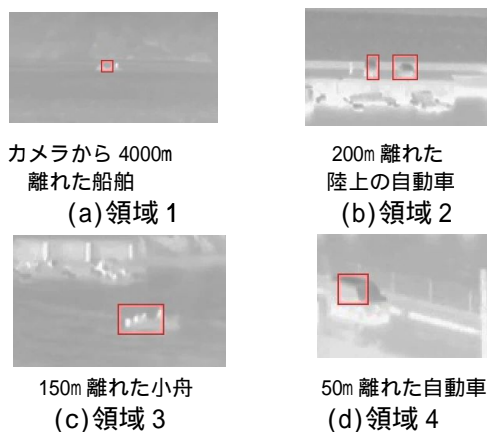


図 5 領域毎の検出結果例

MHI処理したものをSVMで学習・評価した結果

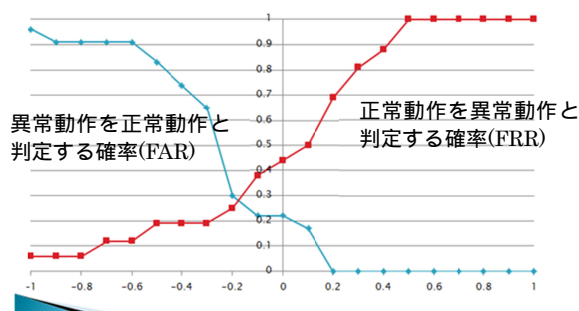


図 6 SVM による異常行動の認識率

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 9 件)

吉本勇介、岡村健史郎、松村遼、パーティクルフィルタと単眼視点固定カメラを用いた 3 次元空間上での 物体領域推定、大島商船高等専門学校紀要、査読有、第 44 号、2011、P.47-57.

<http://www.oshima-k.ac.jp/kakari/tosho/kiy>

ou/kiyou44/contents/08.pdf

吉岡信和、セキュリティの知識を共有するセキュリティパターン、査読無し、情報処理学会、情報処理、Vol.52、No.9、2011、pp.1134-1139.

https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=75807&item_no=1&page_id=13&block_id=8

石橋 卓弥、藤ノ木 健介、岡宅 泰邦、ウェブレット処理とSVMを用いたMHIによる不審動作監視、大島商船高等専門学校紀要、査読有、第45号、2012、pp.21 - 28.

<http://www.oshima-k.ac.jp/kakari/tosho/kiyou/kiyou45/contents/05.pdf>

岡村健史郎、西郷佳和、河合宏紀、サーマルカメラとパーティクルフィルタを用いた3次元空間上での物体追跡と大きさ推定、島商船高等専門学校紀要、査読有、第46号、2014、PP.29-40.

[学会発表] (計9件)

Takao Okubo, Haruhiko Kaiya, Nobukazu Yoshioka、The 6th IEEE International Workshop on Requirements Engineering for Services、367-372 2012年7月16日(招待講演).

[図書] (計1件)

Keiko Hashizume, Nobukazu Yoshioka and Eduardo B. Fernandez, 出版社 IGI Global, Three Misuse Patterns for Cloud Computing, Security Engineering for Cloud Computing: Approaches and Tools, 2012, 17.

6. 研究組織

(1)研究代表者

岡村 健史郎 (OKAMURA, Kenshiro)
大島商船高等専門学校・情報工学科・教授
研究者番号：60194388

(2)研究分担者

岡宅 泰邦 (OKATAKU, Yasukuni)
大島商船高等専門学校・情報工学科・教授
研究者番号：70413838

吉岡 信和 (YOSHIOKA, Nobukazu)
国立情報学研究所・准教授
研究者番号：20390601