

# 湾岸領域自動監視を目的とする サーマルカメラを用いた複数物体追跡

岡村 健史郎 \*<sup>1</sup> 松村 遼 \*<sup>1</sup>

## Multi-object Tracking for Automatic Coastal Surveillance Using a Thermal Camera

Kenshiro OKAMURA and Ryo MATSUMURA

### Abstract

In this paper, we present a method of automatic video surveillance using a thermal camera for protection of critical coastal areas and port facilities. Our method uses particle filter that has likelihood function obtained by eigen space method. Furthermore, multiple sets of particle are introduced and each set is used to detect and track separately one object. To eliminate duplicated tracking, our method deletes the redundant set by comparing two directions that indicate the each direction of largest possible variance obtained by Principal component analysis. Finally, some experimental results are shown to evaluate the validity of our method.

**Keywords:** multi-object tracking, coastal surveillance, thermal camera, particle filter, safe and secure

### 1 まえがき

日本の湾岸領域は水産資源が豊富であるが、この水産資源を狙った密漁が後を絶たない。平成 26 年の密漁事犯の送致件数は 2,452 件で、前年と比べ 50 件増加し、高い水準で推移している<sup>1)</sup>。密漁に対応するため各漁業組合では、レーダーと赤外線カメラを用いた大掛かりな陸上監視施設を国の補助制度を使って設置し、人手による常時監視と高速艇の導入を行っている。しかし、大型施設の維持管理と人手による常時監視が必要で、構築だけでなく運用のコストは高い。一方、地方の漁港や漁場を管理する小規模な漁業組合の多くは、高齢化、小規模化が進み、監視施設を導入する余裕が無い。そのため、地方の小規模な漁業組合が管理する漁場までも含めて監視するには、安価な自動監視システムの構築が急務である。

近年、撮像素子に非冷却型マイクロボロメータを用いたサーマルカメラが注目されている。この撮像

素子は、赤外線照射を必要とせず、検出スペクトル範囲が 8 ~ 14  $\mu\text{m}$  であるため自動車のライトなどにも反応しないという特徴を持ち、自動車の安全装置にも利用されるようになってきた。そのため価格も安価となり、サーマルカメラが目視による夜間監視に多く用いられるようになった。

湾岸領域は波浪や潮の干満、太陽光による海面反射などにより背景が大きく変化する。そのため、サーマルカメラを用いた自動監視システムを構築するには背景変動の記述方法が重要となる。この問題に対して、様々な背景変動を含む複数の画像から固有空間を作成し、この空間へ入力画像を投影し、その射影量から侵入物体領域を検出する固有空間法がある<sup>2)</sup>。更に、Mittal らは対象画像を小ブロックに分割し、そのブロック毎に固有空間を作成することで精度を向上させる手法を提案している<sup>3)</sup>。筆者らは文献(2)、(3)をもとに、サーマルカメラによって撮影した画像から作成した固有空間に入力画像を投影し、

\* 1 情報工学科

2016年9月30日 受付

入力画像中にある物体領域を相対変動量と閾値処理により精度良く求めることが出来ることを示した<sup>4)</sup>。更に、相対変動量を尤度とするパーティクルフィルタ<sup>5),6)</sup>による三次元上の物体追跡を提案した<sup>7),8)</sup>。しかしながら、文献(7)、(8)の手法は、単一物体を精度良く追跡できる手法であり、実用化するためには複数物体を同時に追跡できるよう拡張する必要がある。複数物体を追跡出来るようにするためにパーティクルの集団を複数用いることが考えられるが、パーティクルの集団が追跡している三次元空間上での物体領域を精度良く指定することが出来なければ、単一の物体を複数のパーティクル集団が重複して追跡するようになる。

そこで、本研究は三次元空間上の水平平面におけるパーティクルの分布に対して主成分分析を行い、二つの固有値・固有ベクトルの組を求め、この固有値と固有ベクトルから三次元空間上の物体領域を推定する方法を提案する。更に、パーティクルの集団の三次元空間上における存在密度により、物体の進入を検出し、追跡の必要性を判定する。物体の進入を検出すると、新たな物体の進入に備え、パーティクルの集団を追加して配置する。この時、同一物体を複数の集団が追跡しないようにするとともに、先に配置した集団を優先的に処理するためにスタック構造を用いた。これらに加え、重複した追跡を検出するために、パーティクルの分布に対する主成分分析から求めた固有ベクトルの向きが同じ場合はスタックの上部にある集団を消去するようにした。

このような仕組みにより複数物体を精度良く求めることが出来ることを、山口県東部にある漁港を対象にした検出追跡実験の結果から示す。

## 2 パーティクルフィルタによる三次元空間上での物体追跡

本章では筆者らが文献(7)及び文献(8)において提案している、相対変動量とこれを尤度とするパーティクルフィルタによる単一物体の追跡方法について説明する。

### 2. 1 固有空間と相対変動量

入力画像上における物体存在の確からしさは、画像を小ブロックに分割し、このブロック毎に固有空間を作成し、この固有空間に入力画像の対応するブロック画像を投影した射影量より求める。以下の説明においては、画像は分割された小ブロックの画像を意味する。

事前に、進入物体を含まない背景画像を複数枚用意し、この画像データに対して主成分分析を行い、

背景画像に対する共分散行列の固有値 $\{\lambda_i\}$ と固有ベクトル  $E = \{e_i\}, i = 1 \sim D$  を求める。ここで  $D$  は利用する固有ベクトルの数で、固有値に対する累積寄与率から決定する。固有ベクトルを軸とする空間  $E$  を固有空間と呼び、空間  $E$  に進入物体を含む入力画像  $\mathbf{x}$  を  $\mathbf{s} = E^t \mathbf{x}$  により投影する。ここで、 $\mathbf{s} = (s_1, \dots, s_D)^t$  は画像  $\mathbf{x}$  の固有空間への射影量で、固有値  $\lambda_i$  に対する射影量の比の平均

$$r_D(\mathbf{s}) = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^D \frac{s_i^2}{\lambda_i} \quad (1)$$

を相対変動量と呼ぶ。次に、 $r_D(\mathbf{s})$  をシグモイド関数により処理する。ここで、シグモイド関数  $f(\mathbf{s})$  は、

$$f(\mathbf{s}) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha g(\mathbf{s})}} \quad (2)$$

とする。式(2)において  $g(\mathbf{s}) = r_D(\mathbf{s}) - v_D$  であり、 $v_D$  は次元  $D$  に固有な閾値である。また、 $\alpha$  はシグモイド関数のゲインを表す。

### 2. 2 パーティクルフィルタによる三次元空間上での物体追跡

パーティクルフィルタは複数のパーティクル(粒子)を用いて、前状態からの予測と現在の観測情報から、現在の状態を推定する手法である。本研究では加速度を一定と仮定して、次のような三次元上の状態ベクトル  $\vec{\mathbf{x}}_t = (x_t, y_t, z_t, \dot{x}_t, \dot{y}_t, \dot{z}_t)^t$  を各粒子に対して考える。ここで  $(x_t, y_t, z_t)$  は粒子の三次元空間上の位置、 $(\dot{x}_t, \dot{y}_t, \dot{z}_t)$  は各軸方向の速度を表す。パーティクルフィルタは予測、観測、リサンプリングの処理を複数の粒子に対して繰り返すことで状態の推定を行う。

予測は、時刻  $t$  のパーティクルの状態  $\vec{\mathbf{x}}_t$  を、以下の式を用いて予測する。

$$\vec{\mathbf{x}}_t = F \vec{\mathbf{x}}_{t-1} + W \quad (3)$$

ここで、 $F$  は粒子の状態遷移行列で、 $W$  はガウスノイズを表す。パーティクルフィルタでは位置  $(x, y, z)$  にあるパーティクル  $i$  に対し尤度  $\pi_{(x,y,z)}^i$  を考える。尤度とはパーティクルが存在する確からしさを数値化したものである。

三次元空間上の座標  $(x, y, z)$  にあるパーティクルの尤度を二次元画像上から求めるためには、三次元空間である世界座標と、二次元画像座標を対応付ける必要がある。この処理のために、カメラによって撮影された画像からカメラの位置や特性を推定し、パラメータとして表現するカメラキャリブレーションを事前に行った<sup>7)</sup>。

#### パーティクルの尤度決定手順

三次元空間座標 $(x, y, z)$ にあるパーティクル $i$ の尤度 $\pi_{(x,y,z)}^i$ は、以下の手順で求める。

- ① パーティクル  $i$  が存在する三次元座標の点  $P(x, y, z)$  に対応する二次元画像上の点  $p(u, v)$  を、キャリブレーションより求めたパラメータ行列を使って求める。
- ② 点  $p$  の座標  $(u, v)$  より、点  $p$  を含むブロック領域を求め、そのブロック画像  $x$  を得る。
- ③ ブロック画像  $x$  を、対応する固有空間へ投影し、空間への射影量  $s$  を得る。
- ④ 式(1)より相対変動量  $r_D(s)$  を求めた後、式(2)より関数値  $f(s)$  を求め、この値をパーティクル  $i$  の尤度  $\pi_{(x,y,z)}^i$  とする。

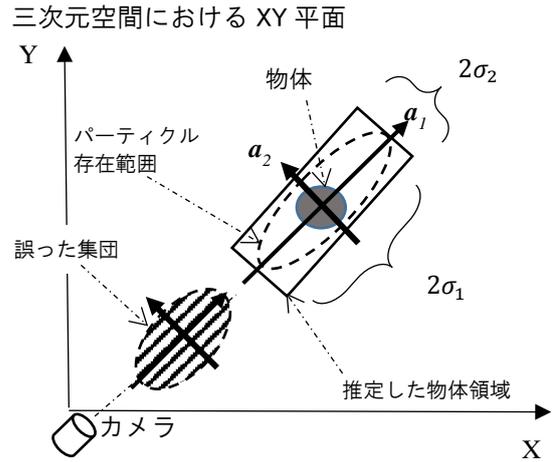


図1 物体とパーティクル集団

### 3 パーティクルフィルタによる複数物体追跡

はじめに、主成分分析を用いた三次元空間上での物体領域の決定方法について述べる。次に、パーティクル集団の三次元空間上における存在密度を定義し、これを用いて物体の進入を検出し、複数の物体を同時に追跡する手法について説明する。最後に、複数物体追跡時に発生する重複検出を削除する方法について説明する。

#### 3.1 主成分分析による物体領域の決定

複数物体を同時に追跡するためには、三次元空間上での物体領域を精度良く推定することが重要となる。カメラ、物体及びパーティクル集団の様子を図1に示す。図1は三次元の監視領域のXY平面図である。中央の●印が物体、それを破線で囲んだ枠内の領域がパーティクルの存在領域である。1台のカメラで広い領域を撮影すると、物体とカメラを結ぶ領域上にパーティクルの集団が存在するようになる。このような分布状態に対して、XY平面におけるパーティクルの分布の分散が最大となる方向  $a_1$  とその分散量  $\sigma_1^2$  及び  $a_1$  に直交する方向  $a_2$  とその分散量  $\sigma_2^2$  を主成分分析により求める。主成分分析において用いるパーティクル集団のX方向の中心  $x_0$  はパーティクルの尤度を重みとする平均座標とし、式(4)、(5)を用いて求める。ここで  $N_p$  はパーティクルの数、 $x_i$  はパーティクル  $i$  のX方向の座標をそれぞれ表す。Y方向及びZ方向の中心も同様に求めた。

$$g_{(x,y,z)}^i = \frac{\pi_{(x,y,z)}^i}{\sum_{k=1}^{N_p} \pi_{(x,y,z)}^k} \quad (4)$$

$$x_0 = \sum_{i=1}^{N_p} g_{(x,y,z)}^i x_i \quad (5)$$

物体の奥行き方向の大きさは、分散量の平方根を

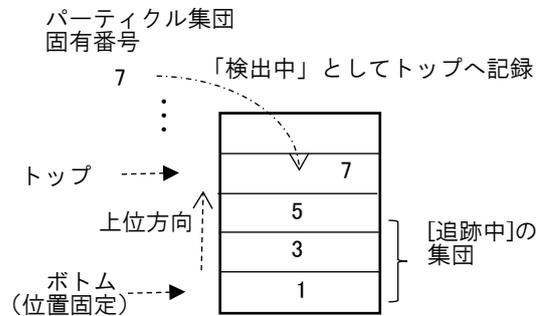


図2 スタックによるパーティクル集団の管理

2倍した値である  $2\sigma_1$  を基準とし、係数  $\varepsilon$  を乗じることで大きさを調整するようにした。これは監視領域がカメラから遠方にある場合、単眼カメラであるためパーティクルの存在範囲が大きくなり、推定したカメラ視線方向のサイズが実際よりも非常大きくなるため、カメラの設置場所や高さにより変更出来るようにするためである。

幅方向のサイズは  $2\sigma_2$  に固定した。Z方向(高さ方向)に関しては、物体はXY平面に対して直立していると仮定し、主成分分析は用いず、Z方向に対する分布の標準偏差  $\sigma_z$  の2倍とした。

#### 3.2 物体の進入検出および追跡とスタックによる管理

パーティクルの集団は二つの状態「検出中」「追跡中」のいずれかを持つ。「検出中」は新たな物体の進入に備えて配置されている集団を表し、「追跡中」は物体の進入を検出し追跡を行っている集団を表す。次に、これら二つの状態の決定方法について述べる。

まず、湾岸領域に対して三次元の領域を設定する。この領域内を監視領域と呼ぶ。4で述べる検出実験では、この領域サイズを奥行き(X方向)90m×幅

(Y 方向) 43m×高さ (Z 方向) 6m とした。

観測開始時に一様乱数を用いてそれぞれの位置を決定したパーティクルから構成される一つの集団を仮想的に監視領域に配置し、この集団の状態を「検出中」とする。集団を領域に配置すると、集団固有の番号を与え、スタックに記録する。最初の集団はスタックのボトムに記録される。

その後、観測、リサンプリング、予測を繰り返す。このリサンプリング後に 3. 1 で述べた集団に対する主成分分析を行い、分散最大方向及びその方向の分散量から物体領域のサイズを求め、この領域内のパーティクル密度 $\rho$ を以下の式により求める。

$$\rho = N_{in}/(2\sigma_1 \times 2\sigma_2 \times 2\sigma_z) \quad (6)$$

ここで、 $N_{in}$ は推定した物体領域内部にあるその集団のパーティクルの数を表す。パーティクルの物体領域内外判定は、分散最大方向  $\mathbf{a}_1$  及び  $\mathbf{a}_2$  によって作られる平面にパーティクルの XY 座標を投影することで容易に判定できる。

パーティクル集団の密度 $\rho$ が予め決定した閾値  $\alpha_{in}$  を超えると、集団が物体の進入を検出したと考え、この集団の状態を「検出中」から「追跡中」に変更する。更に、「検出中」状態を持つ新たなパーティクルの集団を監視領域に配置し、スタックのトップに記録するとともにトップの位置を上位に一つ移動する。このようにすることで、スタックの最上位であるトップに最も後に配置した「検出中」の集団番号が記録され、それより下位には「追跡中」の集団番号が記録されるようになる。なお、スタックのより下位にある集団がより長い時間追跡をしている集団となる。

「追跡中」の集団において、リサンプリング後に密度が閾値  $\alpha_{out}$  未満である集団は、物体が退出したと考え、スタック及び領域から消去する。パーティクルは物体を追跡中に尤度が高い領域に集中するという性質から、密度の閾値は  $\alpha_{in} < \alpha_{out}$  となるよう設定した。スタック内において、削除した集団より上位にある集団は全てボトム方向に向かって 1 段移動する。

「検出中」の集団に属するパーティクルは、時刻が進むと比較的尤度の高い領域に局所的に存在するようになる。このようになるとパーティクルが存在しない領域が大きくなり、物体の進入を検出できない。そこで、一定時間以上「検出中」の集団にあるパーティクルは、初期状態と同じく監視領域に一樣に再配置するようにした。

### 3. 3 重複検出の訂正

物体進入に備えて新たな「検出中」のパーティク

ル集団を領域に配置すると、この集団がカメラと「追跡中」の集団との間に誤って物体を検出してしまいう問題が発生する。カメラと物体を結ぶ線上の点はカメラを通して画像中の同じ小ブロックに射影され、カメラと物体を結ぶ線上にあるパーティクルは全て高い尤度を持つようになる。そのため真の物体領域だけで無く、その前後の領域に存在するパーティクルの尤度も高くなり、単一物体を重複して検出するようになる。図 1 に誤って存在するパーティクル集団を斜線のハッチング楕円として示した。この誤って存在するパーティクル集団を消去するため以下の手法を考えた。

「検出中」のパーティクルの集団は、徐々に真の物体領域に近づき、密度が大きくなり、「追跡中」となって物体追跡を開始する。その後、新たに配置した「検出中」の集団が、真の物体領域の手前或いは物体背後の領域に誤って存在するようになる。これらの集団には次の関係がある。

- ▶ 誤って物体を検出した集団は、真の物体を検出した集団よりもスタックの上位にある。
- ▶ これらの集団は、物体とカメラを結ぶ線上を中心に存在するため似通った分散最大方向を持つ。

そこで、本研究では上記の性質を利用し、以下の手法により、重複検出の原因となった集団を削除する。

#### 集団の削除

スタックの上位に記録された集団  $n$  の分散最大方向  $\mathbf{a}_1^n$  に対して、スタックの下位に記録された集団  $m$  の分散最大方向  $\mathbf{a}_1^m$  との内積がしきい値  $v_{th}$  を超えればパーティクル集団  $n$  を消去する。

$$\mathbf{a}_1^n \cdot \mathbf{a}_1^m > v_{th} \quad (7)$$

閾値  $v_{th}$  は、カメラから 100m の位置にある 2m 以上離れた 2 点を識別できるよう設定した。なお、分散最大方向を示すベクトルは主成分分析の結果より単位ベクトルとなる。

一方、式(7)のみを削除条件にしまうと、カメラと既に検出された物体を結ぶ線上にある物体は検出されないというオクルージョン問題が新たに発生する。そこで、集団  $m$  と集団  $n$  の幅方向の大きさをそれぞれ  $2\sigma_2^m$ ,  $2\sigma_2^n$  とするとき、集団間の距離  $L$  が

$$L < \sigma_2^m + \sigma_2^n \quad (8)$$

を満足する近接した位置にあり、かつ式(7)を満足するとき集団  $n$  を削除するようにした。

## 4 検証実験

ここでは 3 にて説明した手法を用いて、湾岸領域



(a)



(b)

図3 監視対象領域とサーマルカメラ画像

を対象とした複数物体の検出と追跡が可能であることを確認する。まず、実験環境を説明した後、三次元空間上における物体検出状況を示した画像から精度を検証する。また、進入物体に対する検出率と推定した大きさについても評価する。

#### 4. 1 実験環境

検証実験は山口県東部にある漁港を対象にサーマルカメラで撮影記録した動画を用いて行った。この漁港を図3(a)に示す。監視領域は奥行き90m×幅33m×6mに設定した。カメラはこの領域の中心からおおよそ100m離れた高さ20mの位置に設置した。サーマルカメラはAXIS社製サーマルカメラQ1921 Thermal Network Camera(検出素子: 非冷却マイクロボロメータ, 撮像素子解像度384×288)を用いた。実験時には、サーマルカメラの露出自動調整機能をONにした。固有空間を作成するために用いた学習画像には、日照条件、天候、潮位の異なる3日間の動画の中から検出対象の存在しない400枚の画像を使用した。動画は0.5フレーム/秒にて処理し、入力画像はサーマルカメラの画像をデジタル処理によって2倍に拡大した。サーマルカメラから得られた画像の1枚を図3(b)に示した。検証に用いた動画は2015年6月13日の朝6時頃より70分間撮影したものである。

2~3で述べた処理において用いたパラメータは次の通りである。入力画像は8×8画素のブロックに分割し、パーティクルは1集団当たり4000個、シ

グモイド関数のゲイン $\alpha=0.6$ 、シグモイド関数の中央値 $v_D = 15(D \leq 20)$ または $v_D = 9(D > 20)$ 、物体の奥行き方向を決めるパラメータ $\varepsilon=0.1$ 、密度パラメータはそれぞれ $\alpha_{in}=0.1$ 、 $\alpha_{out}=0.2$ 、削除パラメータ $v_{th}=0.9996$ とした。

#### 4. 2 実験結果

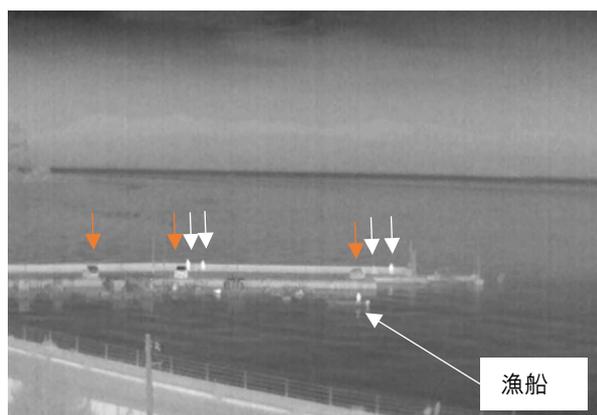
対象領域にある物体を検出した結果を図4に示す。図4は処理回数 $t=55$ の時のもので、図4(a)が入力画像、(b)が3次元空間上で検出した物体領域を2入力画像上に投影描画したもの、(c)はXY平面90m×33mにおいて検出した結果を画像に投影描画したものである。図4(b)及び(c)において領域を囲む枠の色が同じものは、同一のパーティクル集団を表している。なお、(b)において表示されている点は「検出中」の集団のパーティクル(粒子)である。この時刻において図4(a)の画像には陸上部に4名の人物と3台の車、更に手前の海の部分に1隻の漁船が進入している。その他の部分は背景である。

検出結果図4(b)及び(c)を見ると、8個の物体が検出されている。(a)と比較すると、人物に対しては4名中2名、車に関しては3台中2台、漁船は1隻中1隻が検出されている。検出されていない画像右部の1名と右の車両は、背景との輝度差が非常に少ない物体である。重複して検出されたものは中央の車のみで、黄色と緑で示される二つの別々の物体として抽出された。これより本手法で提案した重複検出するパーティクル集団の消去が有効であることが分かった。

70分の実験を通した検出結果を表1に示す。この時間中に進入した物体は3種類で、人物が15人と最も多かった。人物は車の中に消えた後、再び外に出て来た時に別の人物としてカウントした。検出は、4回以上連続して追跡したときに検出したと判定した。検出率は平均すると78.9%となった。

図4(a)の右の車は実験を通して検出できなかった。この車は実験開始時から停止していたが、長時間停止していたため物体温度が低く背景との輝度差がない、背景学習画像の中にもこの近辺に車が止まっていたため車が背景として学習された、などの理由により検出できなかった。

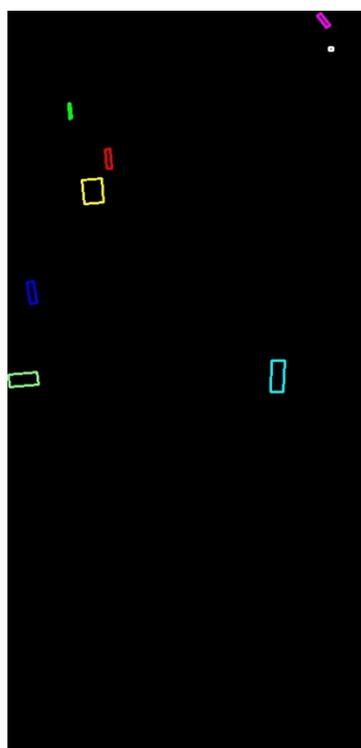
図4(c)より検出した物体のXY座標を調べると、中央の車(黄色の枠)、中央の人物(赤)、海上の船(水色)、右端の人物(紫)に対しては、正しい位置を求めることができた。物体のサイズ推定に対する結果を表2示した。表中の人物は図4(b)の赤色で表示され



(a)



(b)



(c)

図4 物体検出結果

表1 検出結果

対象物	進入数	検出数	検出率[%]
人物	15	12	80.0
車	3	2	66.7
漁船	1	1	100.0
合計	19	15	78.9

表2 物体サイズ

物体の種類	色	幅 [m]	奥行 [m]	高さ [m]
人物 (実サイズ)	赤	0.7 (0.5)	2.3 (0.5)	1.8 (1.6)
車 (実サイズ)	黄	2.4 (1.7)	2.9 (4.0)	2.5 (1.6)

た物体、車は同じく黄色で示された物体である。幅及び高さに関しては実際の大きさに近い値となった。

一方、背景を誤って物体として検出する誤りは非常に多く発生した。この原因としては、潮位の変化により停泊している船舶の位置が大きく変化し、これを物体として誤検出したものが最も多かった。この対策としては、潮位変化による背景変動を含む学習画像を多く用意する、背景を記述する固有空間を学習するなどの対策が必要である。

## 5 むすび

本研究では湾岸領域を対象にサーマルカメラを用いて複数物体を検出する方法について提案した。サーマルカメラによって撮影した画像から作成した固有空間に入力画像を投影し、相対変動量と閾値処理によりパーティクルの尤度を決定した。更に、パーティクルの分布に対して主成分分析を行い、固有値・固有ベクトルの組を求め、この固有値と固有ベクトルから三次元空間上の物体領域を推定した。複数物体を同時に追跡するためパーティクルの集団を複数使い、スタックを用いて管理した。重複して物体を検出したパーティクルの集団を削除するため、主成分分析により求めたパーティクルの分布の分散最大方向に注目し、この方向が同じ場合は集団を削除した。

提案した手法が有効であることを確認するため、山口県東部にある漁港を対象にサーマルカメラで撮影した動画を用いて検出実験を行った。実験の結果、合計19個の進入物体に対して78.9%の検出率を得ることができた。また、検出した物体に対してサイズ推定を行った結果、実サイズに近い値を推定するこ

とができた。

一方、潮位変化による停泊した船を誤って進入物体として誤検出した例が多くあった。全体の画像枚数が多く、本論文では FA (False Positive) 率は求めることができなかったが、FA 率を用いた性能評価と手法の改善が必要である。

## 謝辞

本研究の一部は日本学術振興会の科学研究費補助金 (基盤 (C) 16K01304) の支援による。

## 参考文献

- 1) 海上保安庁, 海上保安レポート 2015
- 2) 天野敏之, 佐藤幸男, 固有空間法を用いた BPLP による画像補間, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J85-D-II, No.3, pp.457-465 (2002)
- 3) A.Mittal, A.Monnet and N.Paragios, Scene modeling and change detection in dynamic scenes: A subspace approach, Computer Vision and Image Understanding, Vol.113, No.1, pp.63-79, (2009)
- 4) 岡村健史郎, 仲貴大, 宗藤萌子, 河合宏紀, 松村遼, 湾岸領域監視を目的とした固有空間法の精度向上, 大島商船高等専門学校紀要第 47 号, pp.61-72,(2014)
- 5) M.Isard and A.Blake, CONDENSATION - conditional density propagation for visual tracking, IJCV, Vol.29, No.1, pp.5-28, (1998)
- 6) 松村遼, 岡村健史郎, パーティクルフィルタを用いた物体の進入退出検出, 電気・情報関連学会中国支部, 第 59 回連合大会講演論文集, pp.419-420, (2008)
- 7) 岡村健史郎, 西郷佳和, 河合宏紀, “サーマルカメラと三次元空間上での物体追跡と大きさの推定”, 大島商船高等専門学校紀要第 46 号, pp.41-48,(2013)
- 8) 岡村健史郎, 藤本武, 固有空間法とパーティクルフィルタを用いたサーマルカメラによる湾岸領域監視、情報科学技術フォーラム FIT2015 講演論文集第 3 分冊, pp.181-184, (2015)

