

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：55502

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04576

研究課題名（和文）簡易型AIS器機を用いた密漁監視システム

研究課題名（英文）Poaching Surveillance System using Class B AIS Units

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・嘱託教授

研究者番号：60194388

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：水産資源に対する密漁が問題化している。密漁には多くの場合漁船が利用されるため、外観や運航軌跡等を用いた画像処理では自動発見が難しい。本研究は、監視領域内において画像処理により検出した船舶の位置とAIS（船舶自動識別装置）信号受信機から得られた船舶の位置を比較し、漁業許可船を決定する。その後、漁業許可船を除いた船舶を不審船として検出する手法を提案した。この手法の実現のため、視点固定型の1台のカメラを用いて実世界の船舶の位置とサイズを推定するシステムを構築した。更に、カメラのキャリブレーション及びAI手法のための学習画像収集を、AIS信号を用いて容易に取得する手法を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

沿岸域に生息するアワビ、ナマコ等は容易に採取できるだけでなく莫大な利益をもたらすことから、組織的かつ広域的な密漁が横行し、大きな社会問題となっている。しかしながら一般の漁船が密漁に用いられるためその外観や運航軌跡を用いた自動監視システムの構築は非常に難しい。

そこで、本研究においては、密漁船を画像処理により直接見つけるのではなく、監視領域内において検出した船舶の中から進入許可船を見つけ、これらを取り除いた船舶を密漁船と考えるという発想転換を行った。進入許可船の判断にはAISを用いるため、単に密漁対策のためだけではなく海上交通の安全にも寄与するシステムとなっている。

研究成果の概要（英文）：In recent years, illegal fishing in coastal area has become a significant social issue. Usually, illegal fishing involves the use of conventional fishing vessels. So, it is difficult to detect automatically illegal vessels using image processing based on vessel appearance and navigation patterns. Therefore, this study estimates the positions of vessels captured by surveillance cameras and compares these positions with those obtained from AIS (Automatic Identification System) signals to identify licensed fishing vessels. Subsequently, a method detects suspicious vessels by excluding identified licensed vessels. To implement this method, we developed a system using fixed-point cameras to estimate vessel positions and sizes in real-world scenarios. Additionally, we established a mechanism to facilitate the collection of camera calibration data and training images for AI-based image recognition via AIS signals.

研究分野：画像処理

キーワード：密漁監視 AIS 不審船 漁業許可船 画像処理

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 水産資源に対する密漁事犯の増加と自動監視の困難

水産資源の枯渇化による水産物の高騰化や暴力団対策法の施行により、組織的で大掛かりな集団による水産資源の密漁が多発している。これに対して、法規制の強化や画像処理とAI手法を用いた密漁の自動検出等が試みられている。しかしながら、多くの場合密漁には通常の漁船が使用されるため、外観や運航軌跡等を用いた画像処理では自動発見が難しい。そのため、不審船であることを目視で慎重に確認する作業が必要で、監視システムの省力化・自動化を妨げていた。

### (2) 海上交通安全に対するAISの利用増加要求

近年、簡易型AIS器機（船舶自動識別装置）は、海上交通の安全に寄与すると期待されているものの、その普及が大きな問題となっている。AIS信号は船舶名、船舶サイズなどの静的な情報の他に、位置情報、速度、進路などの動的情報を含み、船舶サイズや船舶の状態にもよるが、これらの情報を2秒から3分間隔で発信している。近年、AIS送受信装置が1台十数万円程度と低価格化しているにもかかわらず、搭載義務の無い小型船などへの装着が進んでいないといった問題があった。

## 2. 研究の目的

### (1) 不審船抽出方法の確立

社会問題となっている密漁の多くは漁船を用いて行われている。そのため、船体形状から密漁船であることを判定することは難しい。特に、画像処理とAI手法を用いて密漁船を直接検出する監視システムを構築する場合、学習のために密漁船に関する画像情報を事前に収集する必要があるが、その機会は少なく、監視する地域により画像も大きく異なるという問題がある。

本研究においては、不審船を発見する仕組みが他の密漁監視システムとは大きく異なる。図1に、不審船を発見する仕組みを示す。本研究においては、直接、密漁している船舶を検出するのではなく、領域内に存在する船舶から進入許可船を除いた船舶を不審船として定義する。ここで、進入許可船とは事前に登録されたAIS識別番号を有する船舶と定義する。AISは船舶を識別する船舶番号だけでなく、船名、位置、針路、速力、目的地などの情報を定期的に発信する装置である。現在、漁船にはAISの搭載義務はないが、海上交通安全のため搭載が推奨されている。

### (2) 位置推定のためのカメラキャリブレーションの自動化

画像上にある船舶の実世界（三次元空間上）における位置を推定するためには、視点固定型カメラの内部パラメータと外部パラメータを推定する必要がある。本研究では、受信したAIS信号をから得た実空間上での座標と、この信号を受信したときに得たカメラ画像を対象に船舶物体の認識結果から得た座標を用いることで、外部パラメータ推定に必要なデータを自動的に得ることを試みる。

### (3) AI手法を用いた認識システムのための学習画像の自動収集

近年、AI手法を用いた物体の認識が行われている。AI手法を用いた場合、認識精度は高くなるものの事前に認識物体を含む多量の学習画像を用意する必要がある。従来、船舶を含む画像の収集は、監視対象を撮影した動画を見ながら人手によりフレームを画像として保存する必要があった。

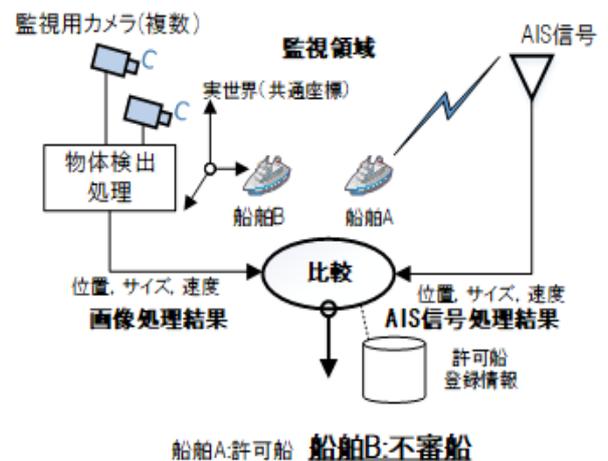


図1. 不審船を発見する仕組み

本研究では、AIS 信号を受信し、その位置情報から船舶が監視対象領域に存在することを確認したうえでカメラに対して画像収集コマンドを発生し、これに対して物体認識することで、自動的に船舶画像と画像内の位置及び三次元空間上での位置情報を収集することを試みる。

### 3. 研究方法

#### (1) 見え方に依存しない不審船の定義

本システムは、監視領域内において画像処理により検出した船舶の位置と AIS 受信機から得られた船舶の位置を比較し、進入許可船を決定する。この結果を用いて、画像処理によって得た船舶から、進入許可船を除いた船舶を不審船として検出する。内部および外部パラメータを事前に求めたキャリブレーション済みの視点固定型サーマルカメラを用いて監視領域を、昼夜を問わず監視する。このカメラを用いて得られた濃淡画像から進入物体領域の抽出を行い、この物体の実世界上での位置の集合  $G = \{g_i(x, y, z)\}$  を推定する。次に、受信した AIS 信号から監視領域内に存在する進入許可船の実世界上での位置の集合  $A = \{a_j(x, y, z)\}$  を得る。これら 2 つの集合の差集合  $O = G \setminus A$  に含まれる要素（位置）に対応した物体を不審船とする。

#### (2) 実世界上における船舶の位置推定

視点固定型カメラにおいては、このカメラの内部パラメータ行列  $A$  と外部パラメータ行列  $R|T$  を推定することで、

$$s(u, v, 1)^t = A[R|T](x, y, z, 1)^t \quad (1)$$

により実世界上の座標  $(x, y, z)^t$  から画像上の座標  $(u, v)^t$  を得ることが出来る。ここで  $s$  はスケール係数を表す。

内部パラメータ行列  $A$  はチェッカーボード画像を用いたオープンソース画像ライブラリを用いて容易に推定することができる。一方、外部パラメータの推定には、実世界上の座標  $(x, y, z)^t$  とその点の画像上の座標  $(u, v)^t$  の組が複数個必要になる。数キロメートル四方の領域において、領域内の座標を求めるには大きなコストが必要となる。そこで、本研究では船舶が搭載した AIS 信号を受信し、AIS 信号に含まれる緯度・経度から船舶の実世界上の座標  $(x, y, z)^t$  を求め、同時刻に得られた画像上での船舶の位置  $(u, v)^t$  を利用して座標の組を収集する。物体の検出と位置推定には三次元空間上の位置  $(x, y, z)^t$  を推定状態とするパーティクルフィルタを利用した。

### 4. 研究成果

#### (1) 実験対象に選んだ監視領域

本研究では手法の有効性を確認するために実証実験を行っている。現在、山口県東部の瀬戸内海にある周防屋代島の大島瀬戸・小松港付近において、海岸より 50m 離れた高さ 20m の陸上に、AXIS 社製サーマルカメラ 1941E 及び 1951E を設置し、沿岸領域を撮影している。

この領域を図 2 の地図上（国土地理院提供）の黒枠で示す。図中の 印がカメラ設置場所で、この点を座標軸の基準点としている。カメラの撮影領域は図 2 の青線内になる。カメラを用いて撮影したサーマル画像を図 3 に示す。この画像の左上付近にはカメラから約 3km 沖の船舶（長さ約 50m）、画像の中央部にはカメラから約 1.5km 離れた漁船（長さ約 8m）が、それぞれ映っている。

#### (2) 船舶の追跡と位置推定

受信した AIS 信号から得た座標を図 2 で示した座標系に投影することで、カメラのキャリブレーションに必要な座標の集合  $\{(x, y, z)^t\}$  を収集した。同時に、AIS 信号を発信した船舶

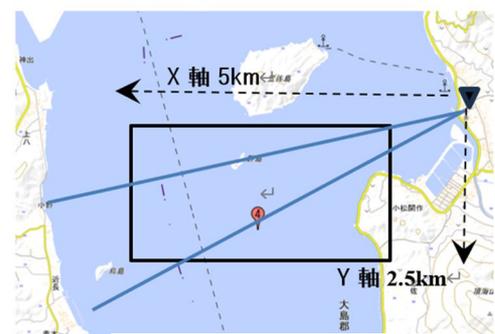


図 2 監視領域

を含む監視画像をネットワーク機能付きのカメラから HTTP プロトコルを用いて自動的に収集し、これらの船舶の画像上での位置の集合 $\{(u, v)^t\}$ を決定した。収集したデータ $\{(x, y, z)^t$ 及び $\{(u, v)^t\}$ を用いてカメラの外部パラメータを推定した。

このようにして求めたパラメータを用いてパークルフィルタを用いて物体の実世界上での位置推定を行った結果を図4に示す。図4の画像は、図2の四角の黒枠線で囲まれた長方形領域と対応している。船舶と漁船は、座標上でそれぞれ、 $(2799, 1444)$ 、 $(1121, 466)$ （いずれも単位は m）として検出されている。更に、物体の長さ（Y 軸方向）はそれぞれ 23m と 7m として検出された。更に、これらの物体を三次元空間上で座標とサイズを求めながら追跡することが出来た。検出した結果から、全長 10m 程度の漁船であれば、カメラ 1 台を用いて 2~3km 程度離れた領域を監視できることがわかった。

### (3)物体検出の精度向上

近年大きな進歩を続けている AI 手法を取り入れ、船舶領域を含む画像を学習画像として収集し、船舶領域の抽出精度を向上させた。AI 手法を用いる場合には多量の学習画像の収集が必要になるが、この作業を効率化するために、領域内船舶から AIS 信号を受信すると自動的にカメラから画像を収集するように工夫を行った。まず、物体認識型 AI で主流となっている YOLO7 を基礎とした手法を用いて船舶の検出を行った。この手法は、他の AI 手法に比べ学習枚数が数百枚程度でも、縦横サイズが数十画素あれば背景変動にロバストな高い性能を有することが分かった。一方、小さく映る領域に対しては検出が難しい面があることが分かった。次に、会話型 AI の主流となっているシステムを応用した Swin Transformer を利用すると、YOLO7 の性能を超えることがわかった。これらは従来から用いていた固有空間法による手法よりも優れていた。

### (4)まとめと今後の展開

カメラを用いた密漁監視システムの構築を行うにあたり、密漁の多くが一般の漁船を利用しているために船体形状から密漁船であることを判定することは難しいといった問題があった。これに対して、密漁船を直接見つけるのではなく、AIS 信号を用いて漁業許可船を発見・排除することで、残った密漁船を船舶の形状とは無関係に検出する手法を提案した。また、広大な海上領域において視点固定型のカメラの外部パラメータに対するキャリブレーションを、AIS 信号を用いて容易に行う手法を示した。更に、求めたパラメータを用いてカメラに映る漁船の位置や大きさを、実際の数 km 四方の湾岸領域において推定することが出来た。

現在、画像から求めた船舶の位置と AIS 信号から求めた物体の位置との対応を自動的に行うまでには至っていない。この対応を自動的に行う手法の開発を引き続き行う予定である。

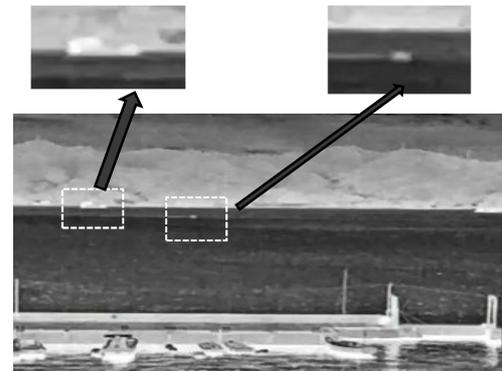


図3．船舶を複数含む領域撮影画像

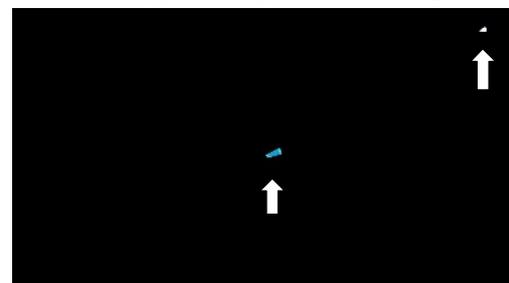


図4．監視領域における検出した物体

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Misako Urakami, Kenshiro Okamura, Tomohiro Sunada, Kazuma Urata	4. 巻 C-4-21
2. 論文標題 Improved Trajectory Route Reproduction Performance Using Map Tiles and Infrequent Vessel Position Data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of 10th PAAMES and AMEC 2023	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kana Takahashi, Kenshiro Okamura, Hironori Kitakaze and Ryo Matsumura	4. 巻 -
2. 論文標題 Vessel Detection Using Thermal Cameras with Ensemble of YOLOv7 and Swin Transformer	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Proceedings of the Joint Symposium of AROB (Artificial Life and Robotics) 29th, ISBC (Bio Complexity) 9th and SWARM (Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics) 7th	6. 最初と最後の頁 740-744
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 高橋佳那
2. 発表標題 深層学習を用いたサーマルカメラ画像からの船舶検出
3. 学会等名 2023年度（第74回）電気・情報関連学会 中国支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡村健史郎
2. 発表標題 AIS情報を用いた密漁監視のための不審船発見方法の提案
3. 学会等名 2023年度（第74回）電気・情報関連学会 中国支部連合大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村孔明
2. 発表標題 濃淡画像を対象にしたDetection Transformerによる船舶の検出
3. 学会等名 電子情報通信学会総合大会 (2024総合大会・広島)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岩本修弥,北風裕教,松村遼
2. 発表標題 YOLOv4による船舶検出のためのColor Space Transformations
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 M.Daniel,日高洸陽,松村遼,北風裕教
2. 発表標題 深層学習を用いた海洋ごみ認識システムの一考察
3. 学会等名 電子情報通信学会2024年総合大会 情報・システムソサイエティ特別企画ジュニア&学生ポスターセッションプログラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 末岡祐馬,北風裕教,松村遼
2. 発表標題 3Dモデルを用いたData Augmentationにおけるモデルの高品質化が検出精度へ与える影響
3. 学会等名 第21回情報科学技術フォーラム (FIT2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浦上 美佐子, 山根 直樹, 砂田智裕, 浦田数馬, 岡村健史郎
2. 発表標題 MaaS連携に向けた定期船データの可視化を目指したAIS受信局地点の選定評価手法
3. 学会等名 日本航海学会第 145 回講演会・研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naoya Ryoike, Hironori Kitakaze, Ryo Matsumura
2. 発表標題 Data Augmentation with 3DCG Models for Nuisance Wildlife Detection using a Convolutional Neural Network
3. 学会等名 The 8th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 柴田 康希, 北風 裕教, 行平 真也, 松村 遼
2. 発表標題 セマンティックセグメンテーションに基づく漂流物検出
3. 学会等名 超異分野学会 香川フォーラム2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
研究 分担者	松村 遼  (Matsumura Ryo)  (20734768)	周南公立大学・福祉情報学部・准教授   (25504)	

#### 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------