

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：12614

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25820419

研究課題名(和文) AIS非搭載船舶の自動捕捉とAISを用いた捕捉情報共有

研究課題名(英文) Automatic acquisition of non-AIS ships and sharing the information via AIS

研究代表者

松本 洋平 (Matsumoto, Yohei)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・助教

研究者番号：80572081

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：AIS非搭載船舶を自動的に捕捉しこの情報をAISバイナリメッセージを用いて船舶間で共有するシステムに関する研究である。HOGとSVMを用いて船舶検出アルゴリズムを評価した結果、コンピュータビジョンを用いた自動捕捉は困難であることが分かった。一方、ARPAを用いて手動捕捉したAIS非搭載船舶をAISバイナリメッセージで放送し簡易AIS受信器でトラッキングできることを示した。このようなシステムは簡易AIS受信器しか持たない小型船舶の安全性を向上させると期待できる。

研究成果の概要(英文)：This research is related to a system which detects non-AIS ships automatically and shares the information of them under tracking using AIS binary message. The HOG-SVM was evaluated as the potential solution for the automatic detection mean, but the quality was not reached. On the other hand, the information of non-AIS ship under tracking by ARPA was successfully shared with AIS binary message in the experiment. Such the system can be beneficial for the safety of the small boats which only equipped with a AIS receiver.

研究分野：海洋工学

キーワード：AIS ARPA HOG SVM

1. 研究開始当初の背景

(1)AIS(Automatic Identification System)は搭載義務船に限らず、多くの船舶に搭載されており、航海の安全、あるいは、港湾の安全に役立っている。通信トラフィックの混雑に伴い次世代 AIS の仕様が検討されており、現在IALA(International Association of Lighthouse Authorities) および ITU(International Telecommunication Union) では VDES(VHF Data Exchange System)として現行の AIS を含むより一般的なデータ交換システムへ発展させる検討が行われている。VDES の中にはバイナリメッセージ用の追加の通信チャネルの設定も想定されており(1)、その実現を確かにするためにはバイナリメッセージの応用に関するさらなる研究を行う必要がある。

(2) 船舶の衝突事故要因の多くは見張り不十分であるとされている。見張りには船員の五感、レーダー・AIS 等の航海計器を活用して行うが、目視による見張りは最も重要である。これをコンピュータビジョンで補助することができれば航海の安全性を高めることができると考えられる。

(3) また船舶事故について船種別には小型船舶の事故が最も多く、したがって、小型船舶の安全に寄与する技術研究が必要である。

2. 研究の目的

(1)AIS 非搭載船舶の航行情報を AIS のネットワークに流通させ、より安全な航海を実現する。そのために以下 2 つを達成する。

カメラとレーダーの両方を用いて、漁船やプレジャーボート等の AIS 非搭載船舶を自動的に捕捉する手法、捕捉した船舶をさらに追尾し、その位置・速度を求める手法を開発する。

AIS 非搭載船舶の位置・速度を AIS バイナリメッセージを用いてブロードキャストすることで、AIS 非搭載船舶の情報を船間で共有する手法を開発する。ブロードキャストする AIS 非搭載船舶の情報は ARPA(Automatic Rader Plotting Aid)で手動捕捉したものか、(1)で自動捕捉したものである。

3. 研究の方法

(1)AIS 搭載船舶(汐路丸)に搭載し、航行中の小型艇(汐路丸 2 号)を捕捉し、バイナリメッセージによる捕捉情報の共有を行う。また小型艇では AIS 受信機を用いて自分自身を捕捉し、AIS によって AIS 非搭載船舶の捕捉・追尾可能であることを示す。

カメラを用いた小型艇の自動捕捉については HOG 特徴量を用いた物体検出アルゴリズムの適用を検討する。

小型艇の捕捉についてはカメラとレーダーを用いた自動捕捉を実現する予定であったが、現状では困難であることが明らかになったため、手動捕捉によって目的を達する。

4. 研究成果

(1) HOG 特徴量と SVM を用いた画像識別器を船舶に適用、評価した。HOG・SVM は当時の物体検出アルゴリズムの定番の画像識別方法であり、自動車や人の検出に関しては多くの訓練データがつくられ、評価結果が発表されているが、船舶に限定した評価は行われていなかった。この研究は HOG・SVM が船舶に対しても一定以上の認識能力を有していることを示した。～ に詳細を示す。

HOG・SVM を実装し評価した。訓練及び評価データとして 16M pixel のデジタルスチルカメラを汐路丸のフライングブリッジに設置し、勝ちどき・館山を往復する間に撮影した 978 枚の画像と、撮影画像に現れた 5598 隻の船舶に手作業で付したラベルデータを用いた。評価においては、HOG のパラメータとして文献[1]の最適パラメータをそのまま使い、検出画像サイズとして 16×8 ピクセル、32×16 ピクセル、64×32 ピクセル、128×64 ピクセルの 4 通りについて行った。その結果、それぞれの検出画像サイズで、検出率/誤検出率 0.48/0.01、0.57/0.02、0.61/0.01、0.91/0.00 となった。(図 1 参照)

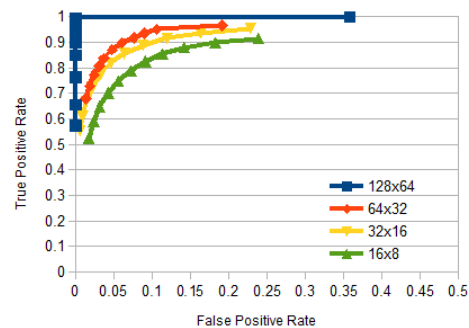


図 1 各画像サイズでの認識率/誤認識率

窓走査方式の想定から、1 枚の画像当たり 1 つ以上の誤検出があることを許容できないものとする、128×64 ピクセル以下のサイズの画像では、誤検出率は実用に満たない。

なお、同カメラを用いた場合の、128×64 ピクセルは小型船を 100m 程度の距離でようやく検出できる程度であり、より遠距離の船舶を検出するためには、解像度を向上させるか、焦点距離を長くする必要がある。焦点距離を長くする場合は、画角が狭くなるため、多数のカメラを用いる必要がある。

(2) HOG と SVM を用いた画像識別器に基づく窓走査方式の物体検出アルゴリズムを実装し評価を行った。(図 2 参照) この結果は HOG・SVM と窓走査方式を組み合わせた物体検出アルゴリズムを大型船からの周囲船舶の検出に適用した最初の例である。これによって、通常のカメラでは解像度に問題があること、検出精度、検出速度に問題があることが分かった。検出精度に関しては、近年、HOG・SVM の拡張によって識別精度を向上する方向性から、深層学習によって自動的に

特徴量を学習する方向性が優勢となっており、それらの結果を適用することで、大きな向上が期待できる。ただし、検出速度とカメラの解像度の向上には難がある。遠方の船舶を監視するカメラに関しては、それほどフレームレートは必要ないので、遠方と近傍で、カメラを分けることが有効であると考えられる。～ に詳細を示す。



図 2 船舶検出例 (赤:誤検出)

窓走査方式の実装に関して、スケール方向にはオクターブを 16 段階に分けて走査することとした。HOG のパラメータは(1)同様に決め、走査する窓のサイズは(1)の結果から 128×64 とした。訓練及び評価データとしては、30M pixel の 1 眼レフカメラを汐路丸のライングブリッジに設置し、勝どき・館山を往復する間に撮影した 1489 枚の画像と、撮影画像に現れた 14692 隻の船舶に手作業で付したラベルデータを用いた。

正検出率 0.10、誤検出率 0.50×10^{-7} という結果を得た。これは検出閾値を画像当たり 1 つの誤検出が現れる程度にあげた結果であり、実用には不足する結果であるが、ARPA の自動捕捉機能よりは、大分精度が高い印象であり、それを補う程度の能力はあると考えられる。

その他の問題としては、(a)検出距離は高々数百メートルであり大型船舶での使用には不十分である、(b)1 枚の画像の処理に 5 分程度と長大な時間を必要とする、があげられる。

(3)大型船舶から捕捉した小型船舶の位置情報を AIS バイナリメッセージを用いて放送し簡易 AIS 受信器によって同小型船舶を追尾する実験(図 3 参照)を行い、AIS バイナリメッセージを用いた AIS 非搭載船舶を追尾可能であることを示した。この AIS 非搭載船舶の共有手法が実現すれば、高価な見張りのための航海計器を装備した船舶及び地上の設備が有している情報を、安価な簡易 AIS 受信器を装備するだけで活用可能になり、特に小型船舶などの事故リスクの高い船舶の安全な航海に寄与すると考えられる。なお、ARPA で捕捉した船舶の AIS バイナリメッセージを通じたトラッキングの精度は、GPS との比較で誤差平均 70m 程度であった。この誤差には GPS および ARPA の位置決め精度、バイナリメッセージの送受信時間のばらつきなどが含まれている。より精度を向上するためには、

捕捉した小型船舶の位置の計算にカメラから得られる情報を融合する、送信するバイナリメッセージに時間情報を含め現在位置を推定する等が考えられる。

カメラによる小型船舶の捕捉は(1)、(2)に見られるとおり、現状は十分な検出能力を有し

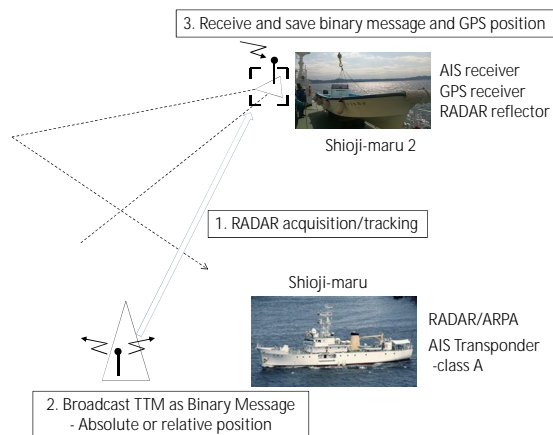


図 3 小型船舶の AIS バイナリメッセージを用いた追尾実験

ておらず、また、ARPA の自動捕捉機能も同様であるため、ARPA によって手動で捕捉した小型船舶の情報を AIS バイナリメッセージで送ることとし、バイナリメッセージのメッセージフォーマットとしては、(a)相対座標、(b)絶対座標の 2 通りの送信方法を試みた。

相対座標のメッセージフォーマットは、目標の ID が 8bit、COG(Course Over Ground)が 12bit、SOG(Speed Over Ground)が 10bit、放送元船舶からの方位及び距離にそれぞれ 12bit と 10bit である。放送元からの方位と距離のビット幅は、ARPA の TTM(Traced Target Message)の精度を表現できるように選んだ。放送元船舶は通常の AIS メッセージ(メッセージ 1)も送信している。受信側は、放送元船舶の位置及び船種方位をメッセージ 1 から得て、バイナリメッセージで放送された小型船舶の相対座標から、絶対座標を計算する。

絶対座標のメッセージフォーマットは、目標の ID、COG、SOG は相対座標のフォーマットと同様で、緯度と経度をそれぞれ 28bit、27bit としている。緯度経度のビット幅は AIS のメッセージ 1 と同じとした。

相対座標メッセージは 1 スロット(AIS は TDMA であり 1 分間に 2250 スロットに区切られている)で送信可能であり、一方、絶対座標のメッセージは 2 スロットを要する。したがって、相対座標メッセージの方が倍の頻度で送信可能であるが、別に送信されたメッセージ 1 から絶対座標を復元するため、その時間差による誤差が生じやすい。

約 1000 秒の間、小型船舶を追尾した結果、絶対座標メッセージの場合の誤差は約 75 メートル、相対座標メッセージの場合の誤差は約 95 メートルであった。(図 4 参照)

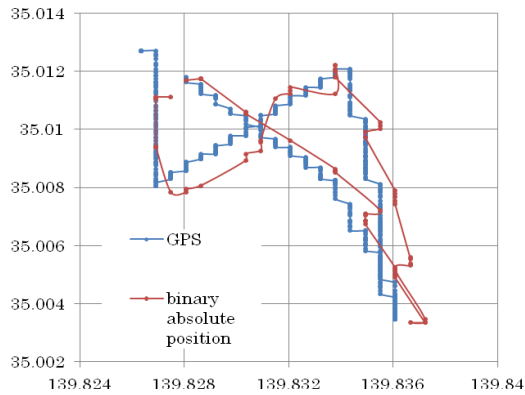


図 4 GPS と絶対座標メッセージにより追尾された小型船舶の航跡の比較

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

松本洋平, "AIS バイナリメッセージを用いた見張り情報の共有", 日本航海学会論文集, Vol.131, pp.9-17, 2014, 査読有, DOI 10.9749/jin.131.9.

松本洋平, "HOG 特徴量を用いた船舶画像認識", 日本航海学会論文集, Vol.129, pp.105-112, 2013, 査読有, DOI 10.9749/jin.129.105.

〔学会発表〕(計 1件)

Yohei Matsumoto, "Ship Detection for Automating Navigational Watch," Proceedings of World Automation Congress, 2014, 査読有, ハワイ.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

開発したソフトウェアのソースコード

<http://github.com/yhmtmt/aws.git>

6. 研究組織

(1)研究代表者

松本 洋平 (MATSUMOTO, Yohei)

東京海洋大学・海洋科学技術研究科・助教

研究者番号: 80572081