船舶位置情報を利用した見張り用映像の 伝送方式に関する研究

本多 健二*

A Study on Transmission System for Outboard Image Using Information of Ship's Position

Kenji HONDA

Abstract

Recently, the need for lookout support for seaman is now increasing. One of the useful ways to support the lookout operations is to transmit the outside images to the control center. However, the communication in the sea is still insufficient Internet bandwidth. In video coding processing, a pre-filter is often used for improving both coding efficiency and subjective image quality in low bitrate video coding. Especially, pre-filter to edge information can keep the visual impression to be clear. However, to apply these filters for the image frame entirely is inefficient in coding, because the edge information has high-frequency component. Therefore, to apply these filters for only ship's region is effective. So, in this research, a technique that transmits outboard image by using information of ship's position is proposed. The acquisition ship by RADAR/ARPA contributes to estimating the ship in the outboard image. This method is applied to an outside image, and the quality of image and its processing time is considered. By using that implementation, subjective evaluation is performed, and the effectiveness for improvement of visibility is confirmed.

Keywords : Lookout support, ARPA, Transmission System, Pre-filter

キーワード: 見張り支援, 自動衝突予防援助装置, データ伝送, プレフィルタ

1. はじめに

近年、海運の分野において、船内の環境の変化が大きくなっている。グローバル化による外国人船員の増加に加え、日本人船員の乗船期間の短縮などにより、乗員の海技レベルの多様化が進み、海技の伝承が困難になってきている。このような状況で、船舶の運航におけるリスク管理を確実なものにするためにも、船陸間で情報を共有し、船へ適切な助言ができるような陸上からの運航支援体制を築くことが重要となる⁽¹⁾⁽²⁾。

運航支援の一環としての見張り支援において、船舶からの周辺情報を含んだ船外映像は大きな役割を果たすと考えられる。しかし、海上でのネットワー

ク環境は未だ不十分であり、低ビットレートでの伝送が求められることから、見張りに必要な大容量の映像伝送は、大幅なレート削減による符号化歪みを生じ、見張りの上において重要な対象の視認性が著しく低下する。

そこで、本論文では、低ビットレート下において、見張りの上で重要な情報である船舶の視認性を向上させる映像の伝送方式を実現することを目的とする。これにより見張りに関して陸上からの適切な支援を得ることで、船舶運航の安全性が向上し、乗員に安心感を与え、船舶の負担も軽減され、さらに海事技術の向上に役立つものと期待できる。

* 正会員 東京海洋大学海洋工学部 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) khonda@kaiyodai.ac.jp

Fig. 1 Information of ship's position by using RADAR/ARPA

2. 関連研究

見張り画像に関する研究がいくつかなされている。船上から撮影した映像から画像処理により船舶領域を抽出することで、見張り業務の支援を行う手法が提案されている⁽³⁾。また、魚眼レンズを用いて自船周りの広視野な映像情報を取得し利用することで、見張り業務の支援を行う方法も提案されている⁽⁴⁾。しかし、これらはいずれも、取得した映像情報を船内において処理または利用するため、取得した映像情報の遠隔地への伝送は考慮されていない。

一方、低ビットレートでの映像伝送に関する研究がなされている。映像符号化方式では、量子化により帯域を制限し符号量を制御するが、その量子化に伴い、復号画像にブロック歪等の符号化雑音が発生する。そこで、低ビットレート下における符号化歪みを低減するために、符号化前に予め帯域制限フィルタを適用し、情報量を削減する方法が提案されている⁽⁵⁾。これにより、ノイズや視覚上不要な周波数成分の情報量削減を行うことで、主観画質を保持したまま、符号量を削減できるが、帯域制限によって、鮮鋭度が失われ、見張り用の映像などに適用した場合、重要な情報も失う可能性がある。

そこで、特に画像のエッジ部分に視覚的情報が多いことから、エッジ情報を保存しつつ帯域制限する方法が提案されている⁽⁶⁾。しかし、エッジ画素には高周波成分が多く含まれており、見張りにおいて重要な船舶等の情報は鮮明であることが望ましいが、海面や、船舶の輻輳する湾内等の海域における見張り映像中には、波や陸上の構造物などのエッジを多く含んだ領域も多く含まれるため、符号化効率の向上が望めない。

3. 提案手法

符号量の増加を抑えつつ、対象の視認性を向上させるためには、帯域制限をしながらエッジ画素を保

存する必要がある。しかし、エッジ画素が多い画像に対して、画面全体に一律なフィルタを適用する手法は、符号化効率の向上は望めない。

そこで、本論文では、見張り映像の画像フレーム中において、船舶領域と判断できる領域の画素に対してのみ、エッジ保存型帯域制限手法を適用することにより、船舶部分により多くの符号量を割り当てることで、船舶領域の視認性を向上する手法を提案する。

船舶領域と判断できる領域の画素に対してのみにフィルタを適用するためには、画像フレーム中の船舶領域を特定する必要があるが、画像フレームのみから船舶位置を推定するのは困難である。一方、船内には、船舶を識別するための航海計器が予め搭載されており、このような計器を有効利用することが、効果的である。そこで、提案手法では、レーダ/ARPA(Automatic Radar Plotting Aids)情報によって認識された船舶の位置情報から画像フレーム上の船舶領域を判断し、船舶領域と判断できる領域に対してのみ、エッジ保存型帯域制限方法を適用することにより、見張り映像中における船舶領域の視認性向上を実現する。

3.1 レーダ/ARPA における船舶位置の推定

ARPA は、針路、速力およびレーダビデオ信号を入力としてレーダビデオ信号上の目標物を捕捉、追尾し、その目標物に対して自動的にプロットングを行い、その結果得られた情報の表示および目標物に対する航行上必要な警報を行う⁽⁷⁾。

提案手法では、ARPA の捕捉機能を利用し、見張り映像中の船舶領域を、ARPA によって捕捉された位置情報より推定する。Fig. 1(a)に ARPA によって捕捉された船舶を示す。ARPA では偽像、海面反射などの船舶でないものを、船舶として捕捉してしまう

場合があるが、陸地のような大きな対象を捕捉することはなく、符号量の増加に影響はないと考え、そのまま船舶領域と判定する。また、ARPA 捕捉されなかった船舶を考慮して、レーダ画像から画像処理によってレーダ上の船舶領域を推定する。ARPA ではレーダ画像情報と同時に、それと同期した、捕捉船舶位置情報がリアルタイムで取得可能である。そこで、ARPA より得られる捕捉船舶位置情報をもとに、レーダ画像上での船舶領域の面積情報を求め閾値を設定する。そして、レーダ画像に対して、二値化、ラベリング処理を行った後、設定した閾値をもとに船舶領域以外の対象を除去する。ここで、レーダ画像上での船舶同士の重なりにより、通常の船舶領域より面積が大きな領域が存在する場合を考慮して、閾値を、通常の船舶面積より 1 隻から 2 隻分程度大きめに設定する。Fig. 1(b)に、レーダ画像中のオブジェクトがラベリングされた様子を示し、Fig. 1(c)に、ARPA によって捕捉された船舶に、画像処理によって推定された船舶が追加された様子を示す。

3.2 見張り用映像との対応付け

見張り映像は、船員が海上の見張りを行う場合と同じ状況の映像を撮影するため、カメラ視線を進行方向に向けて設置する。そのため、レーダ画像と見張り映像は、視線の方位がことなることから、それぞれを対応付ける必要がある。

ARPA 捕捉または、画像処理によって抽出されたレーダ画像上での船舶領域と、見張り画像フレーム上の船舶領域との対応付けは、標準レンズで撮影した場合、既知のカメラ画角情報を利用し、レーダにおいて得られる自船と他船との相対方位と、船外画像フレーム中の船首位置と船舶領域のなす角度とが等しくなるように、船舶領域を決定する。また、レーダアンテナとカメラ設置位置は異なるため、それぞれの設置位置情報をもとに方位を補正する。

ここで本論文では、船外の周辺情報をより広範囲に取得するため、魚眼レンズを用いる。そのため、

Fig. 2 Normal lens and fisheye lens

標準レンズで撮影した場合の計算方法をそのまま利用することができない。そこで、魚眼画像を展開する展開画像を、標準レンズで撮影した画像フレームと同じ形状のものとする。これにより、展開画像フレームにおける船舶位置は標準レンズで撮影した画像フレームと同じ位置になることから、展開画像と魚眼画像との対応関係から魚眼画像フレーム上での船舶位置を決定する。Fig. 2 に展開画像と魚眼レンズの対応関係の様子を示す。

なお、本研究では、前処理のエッジ強調フィルタと空間帯域制限フィルタとして、低ビットレートにおける符号化画像の画質改善が確認されているフィルタ⁸⁾を用いる。

4. 評価実験

4.1 船外映像の撮影と生成

見張り映像の撮影は、家庭用 HD ビデオカメラに視野角 180 度の全周魚眼レンズを装着して行う。また、本論文では、魚眼展開映像の生成は支援側で行う。実験に用いた魚眼レンズは正射影方式に近い射影方式である。

(a) Fisheye image

(b) Expansion image

Fig. 3 Outside image

Table 1 PSNR of coding image

bitrate(kbps)	without pre-filter PSNR (dB)	with pre-filter PSNR (dB)
500	30.0	28.8
700	32.3	30.4
1000	35.5	33.7
1200	36.1	35.1

(a) 700kbps without pre-filter

(b) 700kbps with pre-filter

Fig. 4 Coded image

(a) 700kbps without pre-filter

(b) 700kbps with pre-filter

Fig. 5 Expanded image

魚眼の展開は、射影方式によって求められる、魚眼画像の像点と入射光の方向余弦の関係と、展開したい展開画像の形状と視点位置を設定することによって求められる、展開画像の像点と入射光の方向余弦の関係から、得たい展開画像上の座標点の色情報を、この対応関係を用いて、魚眼画像から取得する。ここで、本研究では、符号化処理を実時間で行うため、グラフィックスボードのテクスチャ補間機能を有効利用し、すべての展開画像と魚眼画像との対応を求めることをせず、展開画像と同じ大きさの、予めメッシュを多めにきったポリゴンを用いる。そして、各頂点における魚眼画像との対応関係を求め、各頂点の色情報を魚眼画像から抽出し、残りをグラフィックスボードのテクスチャ補間機能で補間する。魚眼画像と展開画像の様子を示す。Fig. 3(a) に船外を魚眼レンズで撮影した画像を示し、Fig. 3(b)に、その展開画像を示す。

4.2 画質と実時間性の評価

映像の符号化により、どの程度画質が低下したかを客観的に評価するために、画像がどの程度劣化したかを客観的に評価する指標の一つである PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio) を求めた。実験に用いた映像は、雨天で視界の悪い映像を用いた。

実験条件として、目的とするビットレートを、練習船汐路丸において通信可能な 700kbit/s と一般携帯電話使用で通信可能な 1Mbps とその前後 200kbps とした。また、映像サイズはカメラ 1920x1080 ピクセルとする。フレームレートを、レーダの更新レート約 3 秒を考慮し、その半分である 0.7fps (frame per second) とした。プレフィルタの適用・不適用を切り換えて符号化した際の各ビットレートにおける PSNR を Table 1 に示す。Table 1 に示すように、プレフィルタを適用することで、PSNR は 1.0~2.5dB ほど低下し、客観的な指標を用いた画質は低下する結

果となった。

Fig. 4(a)に、プレフィルタを適用しなかった場合の映像を示し、Fig. 4(b)にプレフィルタを適用した場合の映像を示す。Fig. 5(a)、(b)は、それぞれ、Fig. 4において実線で囲った、船舶の存在する領域を拡大した画像を示す。Fig. 5(a)に示すようにプレフィルタを適用しない場合、Fig. 5(a)の実線で囲った部分のように、船舶部分にボケが生じる。これに対して、船舶位置にプレフィルタを適用することで、Fig. 5(b)の実線部分に示すように、船舶部分のエッジが強調され、船舶領域の視認性が向上していることを確認した。また、ARPAの過検出による影響のため、船舶以外の領域においても、鮮鋭化される領域が存在したが、画像フレームにおける、過検出領域の占める割合は少なく、符号量の増加にはつながらない程度であった。

一方、処理速度に関して、実験に用いたシステムを構成するPC(CPU: Core 2 Duo 2.6GHz, Memory 1GHz, GPU GeForce 7800GTX)において、提案手法における各処理ごとに要した処理時間を計測した結果、船舶位置の推定、および、フィルタリングにおいては、その処理時間は無視できる程度のものであった。最も負荷のかかる魚眼展開処理を含めた、全処理の合計時間が78msということで、符号化処理において実時間に近い速度が実現できた。

4.3 アンケートによる主観評価

プレフィルタを適用することによる主観的な画質改善の効果を、アンケートによる主観評価を用いて調査した。

実験に用いた映像は、画質の評価において用いた映像と同じ映像を用いた。実験に用いた映像は、Fig. 6に示す、3台のPCからなるシステムで映像を表示した。各PC間の映像の同期処理には並列処理計算用のライブラリを用いた⁽⁹⁾。通常の室内照明のもとで、被験者の任意の視距離で評価実験を行い、評価画像は5秒間のグレー画像の後に15秒間の映像を2回繰り返して提示した。プレフィルタを適用した符号化画像とプレフィルタ非適用の符号化画像の提示順序は、ランダムに変更し、被験者には通知しない。評価実験は、乗船実習経験者10名で行った。Table 2に、符合化映像について用いた評点を示す。

各項目の得点を平均した結果をFig. 7に示す。どのビットレートについても、プレフィルタを適用した符号化画像の方がプレフィルタを適用しなかった場合より評点が高かった。そこで、評点の平均値の差についてt検定⁽¹⁰⁾を行ったところ、有意水準5%でプ

Fig. 6 Display system

Table 2 Grading scale

visibity scale	score
clear	5
more-visible	4
reasonably-visible	3
less-visible	2
invisible	1

Fig. 7 Evaluation result

レフィルタを適用した場合と非適用の場合で差があった($t(30)=2.341, p<.05$)。これより、プレフィルタが符号化画質の改善に効果があることを確認した。

5. まとめ

レーダ船舶位置情報を用いた、見張り映像中の船舶領域の視認性を向上させる伝送方式の提案と評価を行った。本提案により、劣化した伝送映像に対して、効果的に船舶の視認性を向上できた。画質の評価とアンケートを用いた主観評価によって、視認性の向上を確認した。

今後は、伝送映像をより鮮明化し、実際に船上で見ているものと近い情報を陸上側が利用することで、陸上から船への適切な助言を与られるような環境の構築を行う予定である。

本提案では、レーダ情報を利用したが、他の航海

計器、例えばAIS等による船舶位置情報の利用の可能性も探っていく予定である。また、海上の特徴を活かした、さらなる符号化効率の向上を進めて行きたい。さらに、提案手法により、発見された船舶の解像度の向上を行う予定である。

6. 謝辞

研究を進めるにあたりまして、ご助言を頂きました、大津皓平教授、庄司り准教授に感謝いたします。また、データの取得のために多大なるご協力を頂きました、船舶実験実習センターの教員方に感謝いたします。

7. 参考文献

- (1) T Kohei OHTSU, Ruri SHOJI, Hiroyuki ODA, Shintaro MIYOSHI, Kazuyasu OKADA, and Hideo TAKAMATSU: Study on Maritime Broadband Communication System at the Tokyo University of Marine Science and Technology, Seventh International Symposium on Marine Engineering Tokyo, Japan, CD-ROM, 2005.
- (2) 大津皓平: 測位・海事衛星を用いた船舶の自動誘導に関する研究, 平成 15-17 年度科研費研究報告, 2006.5
- (3) 新保雅俊・周立輝・山本茂広: 航海見張りを支援する画像処理手法の検討, 日本航海学会, 119, 91-97, 2008.9.
- (4) 山之内博: 全方位画像センサによる自船周りの監視技術, 日本航海学会誌 NAVIGATION, No.169, pp.53-58, 2008.
- (5) 滝嶋康弘・和田正祐: 低ビットレート動画像符号化制御方式の一検討, 信学 90 全, D228, 6-230
- (6) 木全英明・八島由幸・小林直樹: 低ビットレート画像符号化におけるエッジ密度適応型前処理フィルタの一検討, 信学総大, D-11-24, 2000
- (7) 今津隼馬・避航と衝突予防装置, 成山堂書店, 1984.
- (8) 井口和久・境田慎一・合志清一・酒井潔・中川章・三好秀誠: 地上デジタル放送携帯端末向けサービス用, AVC/H.264 エンコーダの開発, 信学論 B-II, pp1512-1521, 2006
- (9) MPICH2,
<http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/>

(10) 統計学入門, 東京大学出版会, 1991

質疑応答

竹井義晴 (航海訓練所):

陸上から、どの程度の支援をするかによって映像の解像度は決まってくると思います。支援の程度の視点からの解析も必要かと思います。

本多健二:

ご助言ありがとうございます。支援の程度によっては、必要なときに、必要な静止画を送る方法もあるかと思います。

本論文では、近年整いつつある、海洋ブロードバンド環境を利用した支援を想定しております。連続した画像フレームデータから時々刻々と得られる船舶の動きなど、人間が連続した動きから得る情報は多く、動画像には、動画像ならではの情報が含まれていると考えます。また、動画像伝送が可能になることで、それを利用した更なるアプリケーションの展開が可能になると考えております。

松本朋子 (古野電気(株)):

連続した画像情報を検知して陸上と判断し、処理対象から除外するというのですが、著しい幅狭海域等において近接した船舶のエリアを陸上と誤認して対象から除外することはありませんでしたでしょうか。実力に対する感想を教えてください。

本多健二:

数隻の船が重なることは想定して閾値を設定しています。また、陸地側で閾値を設定する方法が考えられます。

本論文では、利用しませんでした。今後の展開を考慮し、船舶情報として取得しておくことが望ましいと考えました。その結果、今回のアルゴリズムとなりました。陸地を除去するという目的のみであれば、地図情報の利用が有効かと思います。