

1-53 ウェーブレット変換を用いた航海環境時系列画像からの航行船舶の検出 Extraction of Moving Ship from Navigational Image Sequences using Wavelet Transformation

新保 雅俊† 陸 躍鋒† 大島 正毅†
Masatoshi SHIMPO Yuefeng LU Masaki OSHIMA

1. まえがき

船舶の安全航行に関しては国際的な取組みが行われており、2000年12月に開催されたIMO（国際海事機関）第73回海上安全委員会において、一定の船舶に対するAIS (Automatic Identification System: 船舶自動識別装置)等の搭載義務化等を内容とする海上人命安全条約 (SOLAS 条約)の改正が採択され、2002年7月に発効することとなった[1]。AISは自船の位置、速度、進行方向などの情報を自動的に送受信する無線設備で、これらの情報を船舶相互間又は陸上との間で交換することにより船舶の衝突防止や運行管理等に高い効果を発揮すると期待されている。

しかしAISの搭載は段階的に行われることになっており、また基本的に500GT未満の内航貨物船には適用されない。したがって搭載の適用を除外される小型の船舶が頻りに往来する海域では今後も他の安全航行支援手段を併用せざるを得ない。特に通行量の多い航路、湾内、狭水道通過時はAISの運用に関わらず従来通り航海士の目視による安全確認が最も重要な手段となる。

2. 概要

従来から時系列画像から航行船舶を検出する研究が行われている。佐鳥[2]らはカメラを陸上に固定しオプティカルフローとテンプレートを併用して船体の移動を追跡した。ただし画像の取得環境としてカメラが陸上に固定されているので、航行する船舶から他船を検出する手法として適用するのは困難である。鈴木[3]らは動揺する船上から画像を取得している。オプティカルフローを求めた後、動きベクトルのヒストグラムからカメラの動きを推定し背景を除去している。さらに時間差分画像の投影を行い船舶の位置を推定して波を削除した。この手法では背景の画像や船舶との重なりが想定されており、どのような環境でもロバストに検出ができる手法の研究が望まれている。

本論文では船舶が航行中に撮影した、動揺を含む時系列画像を対象とする。また実際の運行環境を考慮し、海上で停泊中の船舶や航路上に固定されている浮標 (ブイ) 式航路標識も認識の対象とする。

動揺している条件下でこのような対象物をオプティカルフロー手法で認識するのは困難である。そこで各フレームで船舶の形状を抽出して船舶領域を推定する。この推定領域を時系列画像のフレーム間でマッチングを行い、動揺の影響を取り除きながら確定する。波などのランダムに発生する部分を誤って推定してもフレームをまたがると波が変化しているためマッチングせず除去することができる。この処理により画像の動揺を吸収すると同時に波を除去し、船舶や航路標識だけを抽出する手法を提案する。ただし本手法では船舶の抽出を目的とするので該当船舶の方位や速度の検出は対象としない。

2. 1 ウェーブレット変換

近年ウェーブレット変換を画像処理に応用する研究が

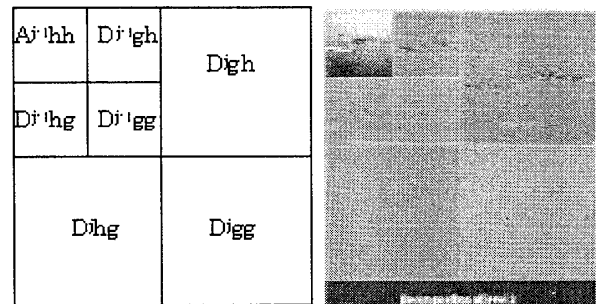
盛んである。[5][6]

ウェーブレット変換は式(1)(2)に示す基底関数を用いて行われる。これらはある種の関数を選べば完全直交正規基底となる。

$$\Psi_{j,k}(x) = 2^{-j/2} \Psi(2^j x - k), \quad j \in \mathbb{N}, \quad k \in \mathbb{Z} \quad (1)$$

$$\Phi_{j,k}(x) = 2^{-j/2} \Phi(2^j x - k), \quad k \in \mathbb{Z} \quad (2)$$

Mallatは直交ウェーブレット変換を多重解像度解析における、解像度の異なる部分空間への近似成分の情報差を抽出する分解として定義付けしている。またデジタル信号に対する分解はデジタルフィルタを用いたフィルタリング処理として実現している。二次元信号である画像に対しては一つの低域画像と三種類の高域画像に分解される。すなわち分解の過程において解像度レベル j の近似成分 A_{hh}^j は解像度 $j-1$ の近似成分 A_{hh}^{j-1} と垂直方向の詳細 D_{hg}^{j-1} 、水平方向の詳細 D_{gh}^{j-1} 、対角方向の詳細 D_{gg}^{j-1} に分解される。これを図1に示す。左上の4分割された枠が近似成分 A_{hh}^j に相当する。



(a)階層図

(b)変換図

図1 離散ウェーブレット変換階層図

それぞれの成分は以下の式で表されこの4成分から逆変換により A_{hh}^j が再構成される。

$$A_{hh}^{j-1}(x, y) = \sum_{k,l} A_{hh}^j(2x+k, 2y+l)h(k)h(l)$$

$$D_{hg}^{j-1}(x, y) = \sum_{k,l} A_{hh}^j(2x+k, 2y+l)h(k)g(l)$$

$$D_{gh}^{j-1}(x, y) = \sum_{k,l} A_{hh}^j(2x+k, 2y+l)g(k)h(l)$$

$$D_{gg}^{j-1}(x, y) = \sum_{k,l} A_{hh}^j(2x+k, 2y+l)g(k)g(l)$$

今回レベル1の水平方向の詳細 D_{gh}^1 に注目し船舶の水平成分を抽出する。

†東京商船大学大学院海洋情報システム工学専攻, 東京都

2.2 グラディエント法

従来から画像の輪郭を抽出する方法が提案されている。輪郭は濃度値が急激に変化する部分であるので微分演算が輪郭抽出に利用できる。今回一次微分(グラディエント)を利用して輪郭を抽出し対象船舶推定の補足とする。

$$x \text{ 方向の微分は } fx = f(x+1, y) - f(x, y)$$

$$y \text{ 方向の微分は } fy = f(x, y+1) - f(x, y)$$

で計算する。

2.3 時系列画像処理

ウェーブレット変換で得た水平方向成分をグループ化し船舶の領域を推定する。この際輪郭の抽出により領域をグループ化し推定した結果を参照しその補正とする。

推定した船舶の領域をTとし、時系列上の各フレームIで以下のマッチング処理を実行する。

$$E = \frac{\sum_x \sum_y I(x, y) * T(x, y)}{\sqrt{\sum_x \sum_y (I(x, y))^2} * \sqrt{\sum_x \sum_y (T(x, y))^2}}$$

ここで、

Tは推定した船舶の領域。

Iは探索を行うフレーム。

|E|は評価値で0から1の値をとり、1に近ければ類似度が高いことを示す。

各フレームにおいて推定領域と最も一致する場所 |E|max を探索し船舶の領域を時系列に追跡する。

計算の高速化を図るため処理は推定したフレームから切り出した推定領域の座標値を基点としその近傍に限定する。また連続してマッチングする際には最新のフレームにおける座標値に基点を更新する。

計算結果 |E|max が予め定めた閾値以下の場合には波と判断しその推定領域については以降のフレームについての探索処理を打ち切る。探索するフレームの間隔は波が変化する時間を想定して調整する。

船舶領域の推定は定期的に行いこれらの処理は並列に実行する。

3. 実験と結果

東京湾を航行中に船橋から撮影した小型船の時系列画像を対象に実験を行った。時系列画像は1秒30フレームで撮影されている。オリジナル画像には撮影方向の目安として船橋のコンパスを写しこんだが処理ではこの領域は除外している。

図2にオリジナル画像とウェーブレット変換による D_{gh}^1 の水平方向詳細画像を示す。変換は Haar ウェーブレットを用いレベル2の階層まで行った。

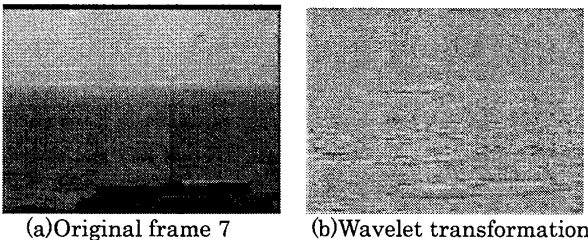


図2 ウェーブレット変換による水平方向詳細の抽出

処理結果(b)では船舶が強調されているが濃淡のある波の一部も同時に検出されている。

グラディエント法による輪郭の抽出を図3に示す。この2種類の抽出結果から船舶の領域を推定した結果を図4に示す。



図3 輪郭の抽出

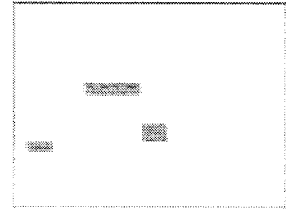
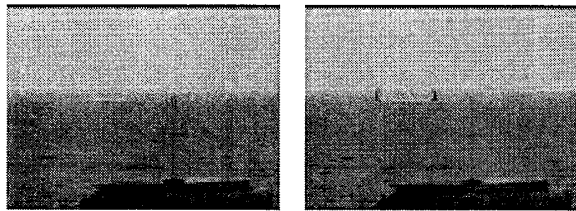


図4 船舶の推定領域

推定領域を以降のフレーム29とマッチング処理した結果を図5に示す。小型船舶のみ検出されている。



(a)Original frame 29

(b)Result of detection

図5 時系列画像処理結果

4. おわりに

実験結果から本手法は波の影響を除去し船舶だけの検出に有効であると判断することが出来る。今後はさらに複雑な状況下で複数の船舶を追跡するシステムを検討してその実用性を確認する。現状ではウェーブレット変換のみによる船舶の推定は困難であり別手法の併用が必要である。

またレーダやAISシステムから供給される位置情報を参照し本システムでの画像確認の有効性を検証する予定である。

文献

- [1] www.jsmqa.or.jp/IMO&ISO/IMOpdf/29-01.01.pdf
- [2] 佐鳥昭生, 大島正毅, 航海環境画像からの航行船舶検出に関する実験, 日本航海学会論文集 97号, pp. 213-220, 1997
- [3] 鈴木充雄, 大島正毅, 船上からの時系列画像を用いた航行船舶の検出実験, 日本航海学会論文集 99号, pp. 13-19, 1999.
- [4] C. K. Chui, An Introduction to Wavelets, Academic Press, Boston, 1992. D. L. Donoho: "De-noising by Soft-thresholding," IEEE Trans. Information Theory, Vol. 41, No. 3, pp. 613-627, 1995.
- [5] 的崎健, "ウェーブレット変換を用いた胸部X線画像の強調", 信学論 (D-II), vol. J83-D-II, no.1, pp.408-414, Jan 2000.
- [6] ヌリシラジマハダド, 高尾伸照, 野田秀樹, "ウェーブレット特長空間で MRF モデルを用いたテクスチャ認識", 信学論 (D-II), vol. J83-D-II, no.10, pp1995-2002, Oct. 2000.