

航海画像の水平線検出

学生会員○鈴木健司（東京海洋大学） 正会員 松本 洋平（東京海洋大学）

要旨

Canny エッジ検出器と Hough 変換を用いて水平線検出を行い、計算量が少なくかつ安定した水平線検出を行うことが可能となった。水平線検出は多く存在するが、船舶向けの研究およびそれを定量的に評価を行ったものはほとんど存在していない。そこで、新しく水平線検出を評価するベンチマークデータを作成し、提案手法を評価した。

キーワード：情報処理、水平線、Canny エッジ検出器、ハフ変換、SSD

1. はじめに

本研究はカメラとコンピュータを用いて水平線を検出することを目的としたものである。

水平線の自動検出は、航海見張りを自動化する上で有用である。そのためには航海画像を安定化することが重要である。コンピュータビジョンの多くのアルゴリズムが映像が十分安定していることに依存しており、水平線を自動検出することができれば、映像の上下方向と回転方向の運動を除去することができる。次に、航海画像において物体までの距離を推測することである。海上の物体までの距離を認識することは重要である。対象物が船である場合は特に衝突予防のために、相手船との距離を把握することは欠かせない。観察者から水平線までの距離は一定であるため、水平線を検出できれば、画像中のある物体の距離を推定することが可能となる。

2. 関連研究

船舶を対象とした水平線検出の研究は地平線検出の研究の数と比較して、少ない。

文献(2)、文献(3)は判別分析法を用いて水平線を検出することを試みている。しかしながら、航海画像における輝度のヒストグラムの分布は複雑であり、分布形状が双峰性をなすとは限らないので、これらの手法では逆光時、曇天時の水平線検出は困難である。本研究では、エッジ検出器を基礎とした手法を提案するが、エッジ検出は証明条件の変動に対して頑健である。

3. 提案手法

提案手法は次の手順で水平線を検出する。

- (1)Canny エッジ検出器によりエッジを検出する。
- (2)ハフ変換により直線を 10 本検出する。

(3)10 本の直線の上下 5 画素の位置にある画素値の SAD(sum of absolute difference)が最大のものを水平線とする。

4. 実行結果

本研究に際して、Java により水平線検出のプログラムを実装した。図 1 は原画像、図 2 が実行結果である。

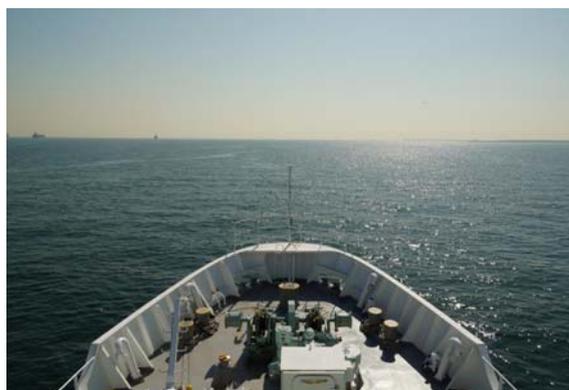


図 1 原画像

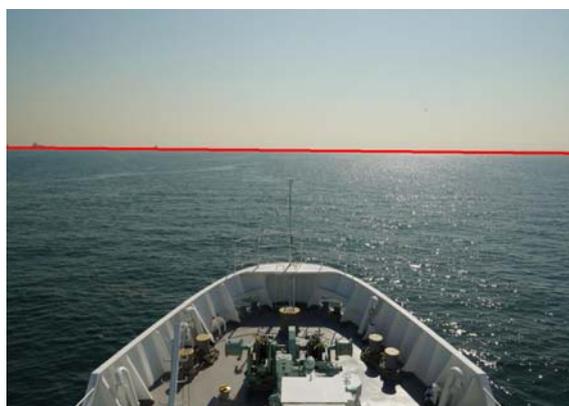


図 2 検出結果

5. 評価手法

水平線検出における定量的な評価をしたものは

数少ない。文献(1)では、検出した水平線の傾きと画像下から水平線までの高さを個々に評価している。しかし、これでは水平線までの高さがより正確でも、傾きが大きく異なれば指標としてまったく意味を成さなくなってしまう。そこで、本研究では、水平線までの高さおよび傾きを総合的に評価が可能のように実際の水平線と検出した水平線の位置のSSD(Sum of Squared Difference)によって評価する。

図3に評価方法の擬似コードを示す。

ラベリングによって得られた水平線上の点のy座標をL(x)、検出器によって得られた水平線上の点のy座標をD(x)とする。ただし、x, yは画像上の座標とする。そして、原画像の幅をWとし、評価値をEとし、図3の擬似コードの手順により計算する。

評価に先立ってグランドトゥールースとなる、水平線の位置を指定した画像を353枚用意した。

2012年7月、2013年3月の実験航海で汐路丸のフライングブリッジ正面に設置したカメラで撮影。原画像の解像度は4912×3264であるが、今回はそれを1228×816に縮小した画像を使用した。

```
Integer ssd = 0; //評価誤差の和
for(int x = 0; x <= W; x++){
    ssd += {L(x) - D(x)}2;
}
E = ssd / W;
```

図3 評価値を求める擬似コード

評価に用いたコンピュータのCPUはクロック周波数3.3GHz 4コア、メインメモリ12GBである。

6. 評価結果

画像353枚を処理し、1枚あたりにかかる処理時間を平均したところ、264.9ミリ秒であった。

5で用意したデータを用いて評価した結果、評価値Eの平均値は762.2となった。Eは2乗誤差をとっているため、その平方根は27.6となる。この結果から、直線の平均のずれは約27.6画素である。この結果は、陸を含む場合に誤検出が見られその影響により平均のずれの値が増大したと思われる。また、ラベリングしたデータと検出したデータの誤差が3画素以下である割合は70%であった。そのうち、水平線に陸が半分かかっている場合でも検出可能であった。

7. まとめ

本研究ではCannyエッジ検出器とハフ変換を用いることによって、画像中に陸が多く含まない場合、および荒天でない場合において、高精度な水平線検出が可能となった。1枚あたりの処理時間が約260ミリ秒であることから、リアルタイムでの水平線検出が可能である。しかし、靄や霧が濃い場合などは検出することが困難であった。これについては、前処理において靄や霧を取り除く必要があると思われる。

今回新しく水平線検出における定量的に評価するための手法を導入した。本研究の評価だけでなく、現在存在する水平線検出のアルゴリズムに対して、評価をすることが可能になった。今回の結果を基準として、さまざまな水平線検出のアルゴリズムを比較し、評価していきたい。

8. 参考文献

- (1) Tzvika Libe, Evgeny Gershikov, Samuel Kosolapov, "Comparison of Methods for Horizon Line Detection in Sea Images", 2012 The Fourth International Conference on Creative Content Technologies, pp.79-85,2012.
- (2) A. Miranda Neto, A. Corrêa Victorino, I. Fantoni and D. E. Zampieri, "Robust Horizon Finding Algorithm for Real-Time Autonomous Navigation based on Monocular Vision", Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2011 14th International IEEE Conference on, pp 532-537, 2011.
- (3) 古谷雅理, 鈴木惇司, 斉藤隆文, 長島雄大, "画像解析による操船サポートシステムの開発", 日本航海学会論文集, Vol. 125, pp. 25-31, 2011.
- (4) B. Zafarifar, H. Weda, and P. de With, "Horizon detection based on sky-color and edge features," in Visual Communications and Image Processing 2008 (SPIE), W. Pearlman, J. Woods, and L. Lu, Eds., vol. 6822, 2008, pp. 1-9, 2008.

謝辞

本研究では、持田高德船長をはじめとする汐路丸の乗組員の方々には、データ収集の際に大変お世話になりました。ここに感謝の意を表します。