

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420825

研究課題名(和文) 画像処理技術を用いた着離棧操船支援

研究課題名(英文) Support for berthing and un-berthing maneuver by using image processing technology

研究代表者

平田 法隆 (HIRATA, NORITAKA)

広島大学・工学研究院・助教

研究者番号：80181163

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、大型貨物船を対象に、画像処理技術を用いて死角のない俯瞰画像と着離棧に必要な数値情報を一元的に提供する操船支援システムを開発した。本システムを使用すると、視覚情報によって周囲の安全確認や曳船の状態把握が容易になり、数値情報が直接得られるため、水先案内人の負荷軽減が可能であることがわかった。

貨物船は載荷状態によって姿勢が大きく変化する。そこで、船首と船尾の喫水を用いて高さやトリムの影響を補正し、1画素当たりの距離が一定となる船体周囲の俯瞰画像を作成した。そして、俯瞰画像から岸壁を検出することによって離隔距離や着棧速力などの数値情報も俯瞰画像と共にリアルタイムに表示できるようにした。

研究成果の概要(英文)：In this study, the berthing and un-berthing maneuver support system for large cargo ships has been developed by using an image processing technology. This system provides a bird's-eye view image and numerical information which is necessary for berthing and un-berthing maneuvers. By using this system, it becomes possible to reduce the stress of the pilot, because the safety of situation and the state of tugboats can be easily monitored by the bird's-eye view image and such numerical information.

Although the draft and trim of cargo ships varies depending on the loading condition, this developed system can create a bird's-eye view image around the hull with the constant distance per pixel by un-distortion method based on fore and aft draft information. By detecting of edge of the berth from the bird's-eye view image, numerical information such as distance to the berth and velocity component can also be displayed in real time with the bird's-eye view image.

研究分野：工学

キーワード：画像処理 着離棧操船 俯瞰表示 操船支援 岸壁検出 離隔距離計測 着棧速力表示

1. 研究開始当初の背景

大型船舶の着離棧操船では曳船を使用しながら水先案内人がウイングに立って、目視によって、岸壁までの距離や着棧速度を経験的に得たり、航海士からの情報を元にして、本船と曳船に操船指示を出したりしている。また、反対舷や後方の曳船の状態は直接視認できないため、記憶に頼っており、指示間違いによって最悪の場合、棧橋へ衝突する場合もあり、頻繁に状態確認を行っている。

ところで、乗用車においては4台のカメラによる全周囲の俯瞰図表示はすでに実用化されている。しかし、船舶、特に大型の貨物船の場合、全長が200~300mと非常に大きいため、全周囲の画像を得るには多数のカメラが必要となる。また、Fig. 1に示すように載荷状態によって喫水と姿勢(トリム)が異なるため、カメラから海面までの距離や角度が変化する。トリムが変化すると、俯瞰表示の画像がゆがみ、喫水が異なると表示される画像の大きさが変化する。このままでは画像から距離や速度といった数値情報を得ることができないので補正する必要がある。

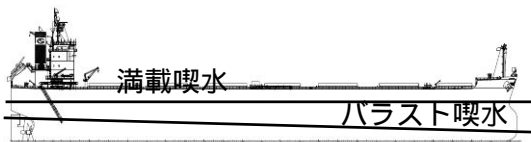


Fig. 1 大型貨物船の喫水の変化

2. 研究の目的

本研究では、画像処理技術を着離棧操船支援へ適用し、船体近傍の俯瞰画像と離隔距離や着棧速度などの数値情報を提供することの、安全性向上や操船者負担軽減への効果を明らかにする。

近年急速に発展し、実用化が進んでいる画像処理技術を船舶に適用し、船橋からは死角となる船体近傍の海面画像を真上から見たような俯瞰画像に変換して提供することにより、着離棧時の岸壁との位置関係を明確にする。しかし、載荷状態によって喫水が変わると、ひずんだ画像になったり、大きさが変わったりして、画像から離隔距離や速度といった数値情報を求めることができない。そこで、視覚情報と数値情報を統合して提供する装置を提案し、安全性向上や操船者負担軽減を図る。

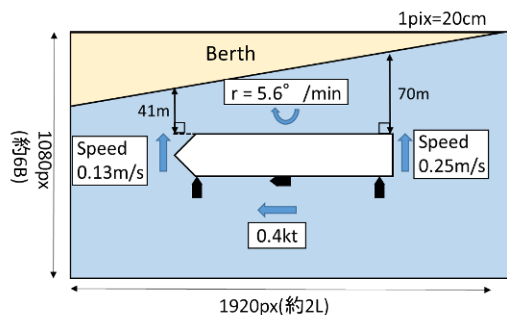


Fig. 2 本システムの表示画面完成予想図

3. 研究の方法

(1) 全周囲画像の作成

魚眼レンズや半球ミラーを使用したカメラをマストに取り付ければ、1台で広範囲の画像が得られるが、舷側付近の海面は死角となる。また、広角画像では近傍と周辺の解像度の差が大きいため、複数台のカメラを組み合わせ、全周囲の俯瞰画像を作成する。しかし、複数のカメラを甲板上に分散して設置することは製造上の問題だけでなく、積み降ろし作業やメンテナンスの面からも避ける必要がある。そこで、本研究では3台のカメラを組み合わせ、180度の画角を確保したユニットを製作し、ポートデッキに設置することとする。

また、喫水やトリムが変化と画像に歪みが生じるため、俯瞰画像が歪まず、大きさが変わらないよう、画像を補正する。

(2) 岸壁の認識

岸壁の認識には岸壁が主として直線できていることに着目して、直線的なエッジの抽出を利用する。そして、直線の方程式を求めて、船体から岸壁までの距離を求める。基本的な部分はすでに開発済みであるが、岸壁を誤検出することがあるため、適切なフィルターを利用したり、画像のマッチングやトラッキング手法を併用したりして認識の精度向上を図る。

(3) 数値情報の取得

数値情報を取得するにはカメラの歪み補正と取り付け姿勢の取得が重要である。カメラとレンズの歪み補正に用いる内部パラメータはキャリブレーションプレートを用いて事前に取得する。カメラ取り付け時の姿勢を表す外部パラメータはドック周辺の既知の点の座標を用いて求める。3台のカメラをユニットとすることで、姿勢の扱いを簡単にする。

岸壁までの離隔距離は1ピクセルあたりの距離が一定(例えば20cm)となっていて、岸壁が精度良く認識できれば、幾何学の問題であり、簡単に求めることができるので、岸壁の認識精度の向上が重要である。参考文献1に示す既往研究で画像のマッチングを利用した速度成分の検出は精度良く得られることがわかっているので、それを利用する。

(4) 実船への適用

造船所の協力を得て、バルクキャリアのドック進水とその後の艀装岸壁への着棧操船時にリアルタイムに視覚情報と数値情報を表示し、姿勢変化の補正や数値情報の精度検証、ドックマスターに評価していただく。その後、指摘事項を修正した後、水先案内人や船長(経験者)に映像を見ていただき、評価を得る。

4. 研究成果

本研究で作成した着棧時の画像を Fig. 3 に示す。ポートデッキに設置した右舷側 3 台と左舷側 1 台のカメラを使用して、右舷側全体と左舷側前方の俯瞰画像を作成した。

この視覚情報から、右舷後方で待機している曳船や左舷側の曳船の状態など周囲の状況が把握できることがわかる。

さらに、岸壁を認識することによって、船首と船尾の離隔距離と着棧速度、前進速度、回頭角速度の数値情報を算出し、表示している。

本システムを使用すると、視覚情報によって周囲の安全確認や曳船の状態把握が容易になり、数値情報も会話によらず直接得られるようになるため、水先案内人の負担軽減が可能になると思われる。

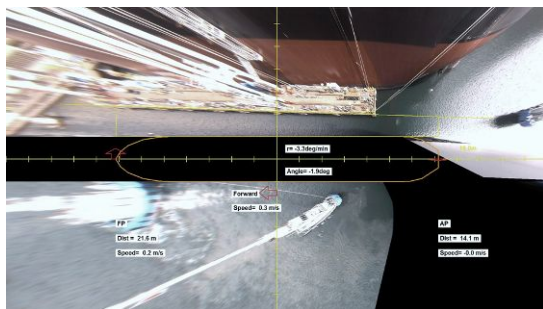


Fig. 3 作成した着離棧支援画像

次に、手法について説明する。

(1) 全周囲映像の作成

3 台のカメラを用いて Fig. 4 に示すカメラモジュールを作成して、実際の 1/20 スケールで室内実験を行った。Fig. 5 に実験画像を示す。(a) が 3 台のカメラで撮影したオリジナル画像、(b) がその画像を変換、合成して作成した俯瞰画像である。精度検証用に床に 50cm 間隔でテープを張っており、作成した俯瞰画像の誤差は最大 1 ピクセルであった。

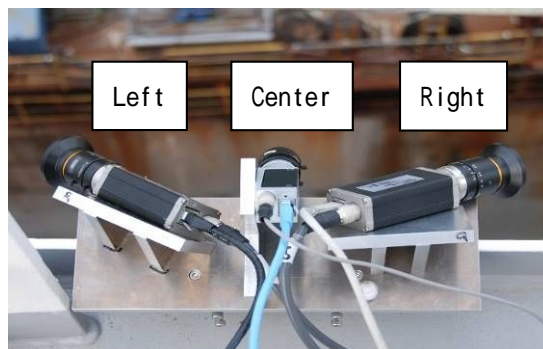
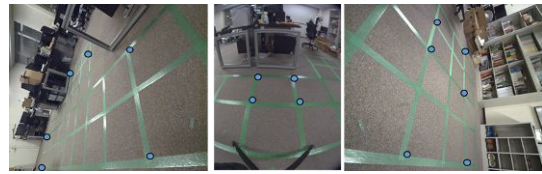
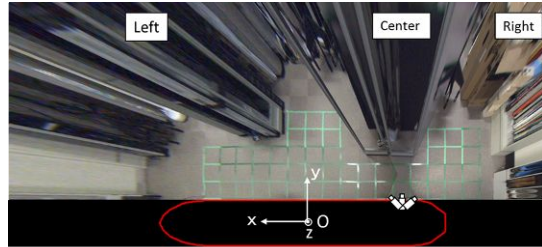


Fig. 4 製作したカメラモジュール

喫水の変化を想定して、高さを変えたり、角度を変えたりして補正の実験も行ったところ、喫水が深いときに相当する高さを下げたときに変換誤差が若干増加するものの、実用上問題ないことを確認した。



(a) 3 台のカメラで撮影した画像



(b) 3 台の画像を合成して作成した俯瞰画像
Fig. 5 片舷の俯瞰画像作成

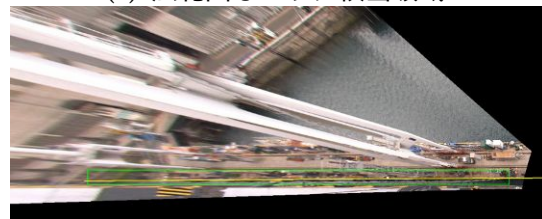
(2) 岸壁の認識

Fig. 6 にエッジ検出領域の変更によるエッジ検出結果を示す。緑の枠が検出領域で、黄色の線が検出結果である。

領域を広めに取った(a)では、クレーン用のレールを岸壁と誤検出することがあった。そこで、ひとつ前の岸壁検出結果を元に、撮影間隔と移動速度を考慮して、検出領域を限定したところ、(b)に示すように、岸壁を検出するようになった。



(a) 広範囲なエッジ検出領域



(b) 岸壁周辺に限定した検出領域
Fig. 6 岸壁検出領域の変更

なお、検出領域が狭いため、一度、誤検出すると正常な状態に戻ることは困難である。そこで、岸壁近辺をクリックすることによって、再検出するようにしている。

また、岸壁と船体の間にロープなどがあると岸壁と誤検出するため、岸壁と平行な向きにメディアンフィルターを適用することで、並行成分以外を除去した。適用例を Fig. 7 に示す。細かな模様が消えて、並行成分のみが強調されていることがわかる。

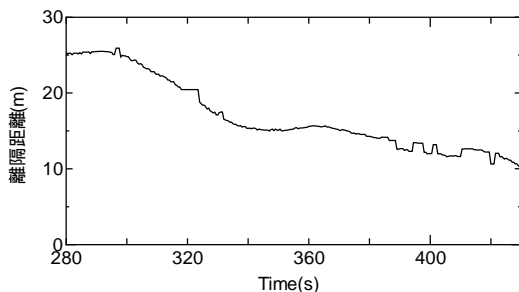
(3) 数値情報の取得

着離棧場面では岸壁が船体とほぼ平行であるため、エッジ検出では前進速力が得られない。また、横移動速度も離隔距離の差分よ

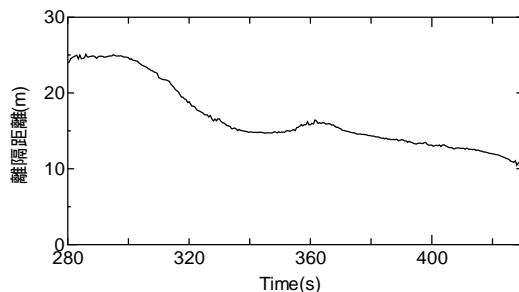
り、画像マッチングを用いると精度が良いことがわかっているため、本研究でも前後、左右、回頭角の速度成分は画像マッチング手法を使用した。さらに、この速度成分により、次の画像のエッジ検出領域を狭めて、誤検出を減らし、処理時間も短縮した。



Fig. 7 メディアンフィルタによるノイズ除去



(a) エッジ検出



(b) 画像マッチング併用

Fig. 8 F.P.における離隔距離の時系列

Fig. 8 に船首(F.P.)の離隔距離の時系列、Fig. 9 に船尾(A.P.)の離隔距離の時系列を示す。それぞれ、(a)はエッジ検出、(b)は画像マッチングを併用した場合の結果である。

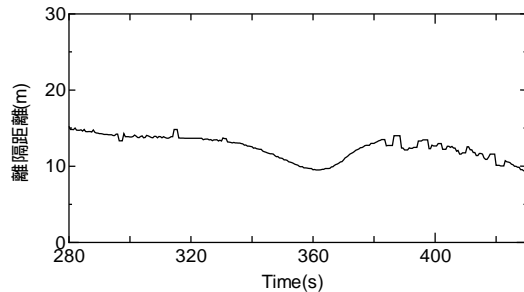
カメラは A.P.側に設置しているため、F.P.側は遠方になる。そのため、画質像が荒くなり、精度が悪くなるが、本研究では A.P.と F.P.で明確な差は見られない。

また、(a)では岸壁の誤検出によるステップ上の変動があるが、(b)の画像マッチングを併用したほうでは、変動が減って、値も小さくなっており、船体のゆっくりした運動を再現できていることがわかる。

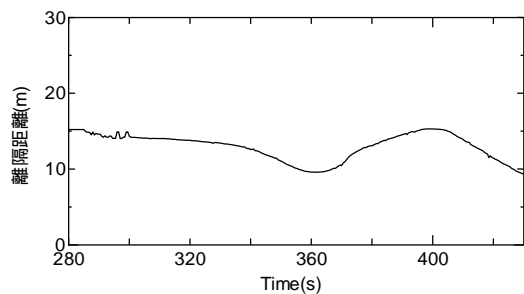
今後の課題として以下の点が挙げられる。

- ・ 天候の影響(雨、霧、日差し、夜間)
- ・ 様々な形状の港湾への適応
- ・ 船長、水先案内人による評価

なお、船舶分野においても、自動運航に關する技術開発が行われつつあり、輻輳海域、狭水路と並んで着離棧は重要である。本研究で得られる視覚情報や数値情報はリモート操船や自動着離棧用のデータとして利用可能であり、今後も研究を進めていく。



(a) エッジ検出



(b) 画像マッチング併用

Fig. 9 A.P.における離隔距離の時系列

参考文献

1. 平田法隆, 西嶋孝典, 垣野文彦, 画像処理技術を用いた着離棧操船支援用数値情報の取得, 日本航海学会論文集, 第 129 巻, 99-104, 2013

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 0 件)

〔学会発表〕(計 2 件)

1. 下赤洋介, 平田法隆, トリムや喫水の変化に対応した船体近傍の俯瞰表示, 日本航海学会第 135 回講演会, 2016.10.29, 呉市生涯学習センター(広島県呉市)
2. 下赤洋介, 平田法隆, 着離棧操船における画像処理を用いた数値情報の精度向上, 日本航海学会第 134 回講演会, 2016.5.19, 神戸市勤労会館(兵庫県神戸市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 法隆 (HIRATA NORITAKA)
 広島大学・大学院工学研究院・助教
 研究者番号: 80181163

(4) 研究協力者

下赤 洋介 (SHIMOAKA YOSUKE)