

フェールセーフとしての衝突座礁

回避システムの研究 中間報告

輸送高度化研究領域 高度運航システム研究グループ *福戸 淳司、岡崎 忠胤
環境・エネルギー研究領域 リモートセンシング研究グループ 桐谷 伸夫
東京商船大学 今津 隼馬

1. まえがき

本研究は情報通信技術を積極的に利用して、少人数、特に1名での当直時に安全・的確に航行上の危険を回避するシステムの開発を目的として平成12年から研究を開始した。

航行上の危険を回避するには、対象となる航行船舶や固定障害物を検出し、検出された対象物に対して衝突の危険を評価し、必要に応じて当直者に知らせる必要がある。さらに、特に1名での操船の場合、例え的確な警報を与えたとしても、他に注意が行って判断を誤ったり、居眠りや身体の異常で適切な回避行動ができない場合がある。こうした非常時には、危険を自動的に回避する必要がある。但し、この自動回避については、そのタイミングが問題であり、むやみに当直者の意図と異なる操船を自動的に行っては安全上問題があるので、自動回避機能はそのままではどうしても避けられない場合に、必要最小限の回避行動を行うものでなければならない。さらに、航行上の障害物の検出も当直者の目視による見張りを妨げないよう自動化することが望ましい。

このため、本研究では、障害物の自動検出機能の開発、衝突・座礁危険判断支援機能の開発及び自動衝突回避機能の開発の3つの研究を段階的に行い、最終年度に実船による実証実験を行う。現在、研究開始から3年が立ち、障害物の自動検出機能及び衝突・座礁危険判断支援機能が開発されたので、その成果を報告する。

2. 衝突座礁回避システムの概要と進捗状況

本システムでは、衝突と座礁の危険に注目し、他の航行船舶(以下他船と言う。)との衝突については、

自動化された他船情報収集機能を用いて、座礁については DGPS による正確な測位技術と電子海図情報とを組み合わせて、危険判断を行う。従来より他船の情報は RADAR/ARPA により得られたが、情報収集の自動化ができていない。そこで、船舶自動識別システム(AIS)及び赤外線画像等複数のセンサ画像の画像処理技術を用いて、他船や障害物の情報を得る航行障害検出システムを開発した。

また、衝突座礁回避支援システムとして、他船との衝突危険の評価、当直者への適切な危険通報、避航操船計画の立案及び他船との相互通信による協調避航操船機能を持つ。この内、現在、他船との衝突危険評価、当直者の適切な状況認識を支援する他船情報表示インタフェースの検討及び簡易避航アルゴリズムの開発を行った。

自動危険回避機能は、自船の操縦性能を考慮して、衝突座礁時の緊急回避が可能な限界のタイミングを判断し、適切なアクションが起こされない場合に自動的に必要最小限の回避行動を取るもので、平成15年度に開発する予定である。

さらに、システム全体の開発環境として、操船シミュレータを含む各種シミュレーションシステムの整備及び実験船との接続準備を順次行った。このシミュレーションシステムの整備では、評価対象として東京湾を設定し、東京湾の地形の他、実態観測結果に基づいた交通流を模擬するための、データ整備と交通流発生機能の整備を行った。

本システムの構成を図1に示す。システムは5つに大別でき、(1)他船情報のセンサー部(ARPA,AIS,画像処理)、(2)各種データを取り込む航海情報入力インタフェース、(3)衝突座礁判断支援機能の

実行やその結果を表示する航海支援システム、(4)見張りを妨げない情報提供や操船指令を可能とする音声入出力装置及び(5)ヘッドマウントディスプレイ等により当直者に情報提供を行う個人情報端末から構成される。

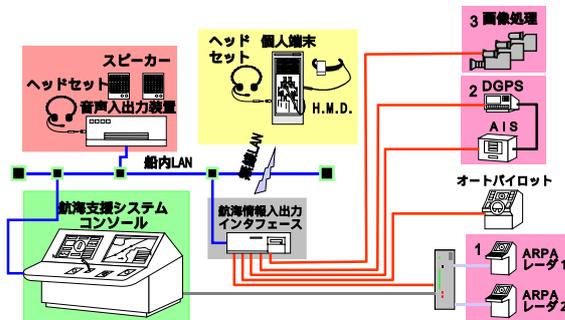


図1 システム構成

3. 要素機能

以下、本年度までに研究を進めた要素機能について報告する。

3.1 AISによる他船検出・追跡技術の高度化

AISは、北欧で開発されたシステムで、VHFを通して、自動的に自船の情報を定期的に放送すると共に、その放送内容を常時受信することにより他船の情報を収集できる。これにより、自船周り10マイル以内の船舶の位置や船速等の動的情報や船名や船長等の静的情報を定期的に得ることができるようになる。このAISは、2002年7月から国内の500GT以上の船舶に搭載義務化されている。

本研究では、このAISの実海域実験を行い、その有効性の評価を行った。図2にその結果の一部を示す。これは、東京湾で2隻の船舶に型式承認後のAISを搭載して航行した時の航跡である。今回の実験では、実験船の他、AISを搭載した他の船もあり(図中りょうえいまる)その情報も含め的確に受信できている様子がわかる。但し、橋の下を通過したり、強い電波ノイズが入った場合、情報の受信が不可能になる場合があり、実用上の問題点も浮かび上がった。

3.2 画像処理による他船検出・追跡技術の高度化

先にも述べたとおりAISは、相互通信により情報の授受を行うため、AISを装備していない船舶の情



図2 AISの実海域実験

報を得ることはできない。しかし、衝突の危険判断を行う場合、AISを搭載していない船の検出は不可欠である。そこで、夜間や視界不良時にも対応できることを考慮して、赤外線及び暗視画像を含めた複数の景観画像とレーダ画像を画像処理し、移動体として障害物を検出し、その情報を自動収集するシステムである航行障害検出システムの開発を行った。

このシステムは、以下の処理を段階的に行って他船の検出を行う。

- (1) 画像平滑化処理フィルター
- (2) 輝度強調処理
- (3) 高温発熱部分表示
- (4) フレーム間差分による動体表示
- (5) テンプレートのパターンマッチングによる目標物探索・追尾・表示
- (6) レーダー画像情報処理

これにより、半径2マイル以内の他船の自動検出することを目指してシステム開発を進めている。このシステムにより相対方位、相対距離、針路、船種等の情報が得られる。さらに、画像センサであるため、各方向に何隻いるかがカウントできるので、AIS情報とこの情報を統合する際の有効な情報となる。

図3に航行障害検出システムの構成を示す。画像センサは電動の雲台を装備しており情報処理装置の動作指令を受け、画像センサの姿勢制御を行う。また、情報処理装置は先に示した6つのステップの処理を画像センサからの入力画像に対してリアルタイムで実行し、航行上の障害検出を行う。この検出された他船情報は、LANを介して航海支援システムに送られ、衝突の危険判断や避航推奨航路の策定等に

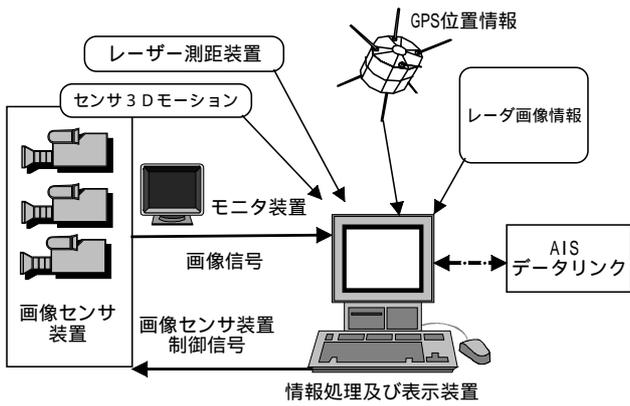


図3 航行障害検出システムの構成

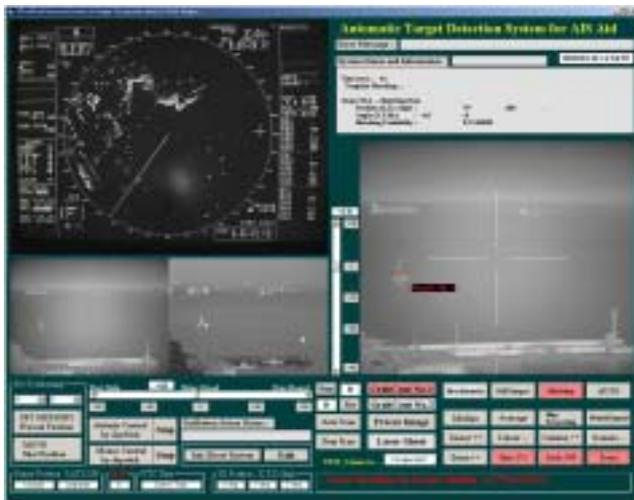


図4 航行障害検出システムの検出例

利用される。

図4に航行障害検出システムの検出例を示す。この画面は、航行障害検出システムの操作画面で、左上がレーダ画像、左下が赤外線ビデオカメラ画像と暗視カメラ画像、右中央が検出結果を示す。検出結果が示すように、画面左中央にヨットを継続して自動検出して様子が見える。現在、取り込まれているレーダ画像とは連動していないが、15年度には、景観画像と連動したレーダ画像の取り込みを行い、他船情報の生成を行う予定である。

3.3 衝突・座礁危険判断支援システムの構築

衝突・座礁危険判断支援としては、得られた他船情報に基づいた衝突の危険判断とその結果の当直者への適切な提供、避航操船支援、他船との相互通信による協調避航の実現を目標として研究を進めてい

る。この内、本年度までに、衝突危険の判断支援及び避航操船支援について検討を行った。

衝突危険の判断支援としては、自船舶位と地形や法定航路及び計画航路との関係を直感的に示す電子海図(図5)、AISを装備している船とそうでない船を識別するためのAIS情報の簡易景観画像表示(図6)及び他船の動向と衝突の危険を見張りをしている実際の景観とマッチングし易い3Dで表示するOZT(他船による行動妨害ゾーン)表示機能(図7)を作成した。これらの表示は、当直者が装着した透過型単眼式ヘッドマウントディスプレイに表示できるようにし、目視による見張りを妨げずに情報提供ができるようにした。



図5 電子海図画像

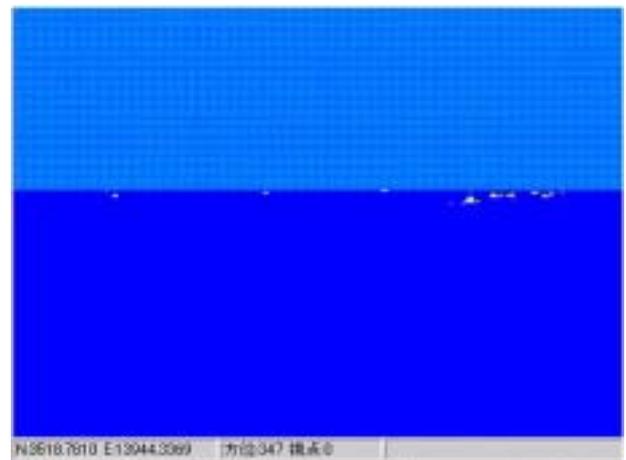


図6 AIS簡易景観画像

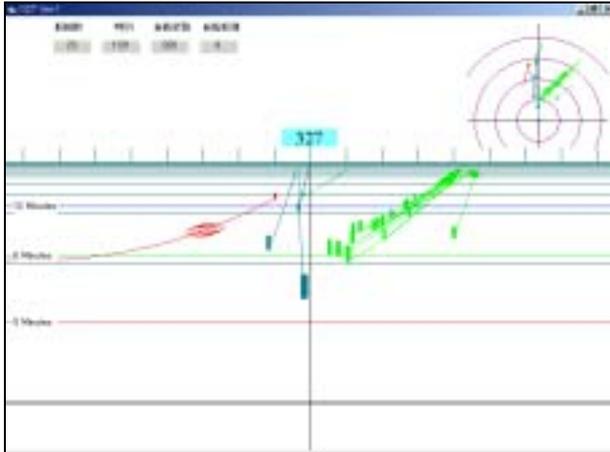


図7 OZT（他船による行動妨害ゾーン）表示機能

避航操船支援では、自船のみで得られる他船情報を基に避航航路を作成するプログラムとそのアルゴリズムの検討やパラメータのチューニングを行う避航アルゴリズム開発支援ツールを作成した。避航航路作成には動的計画法を用い、計画航路と設定した探索空間から航行の安全と効率を考慮した避航航路を作成する。図8は、避航の様子を示しており、他船の状況を考慮して、折れ線の避航航路を生成している。

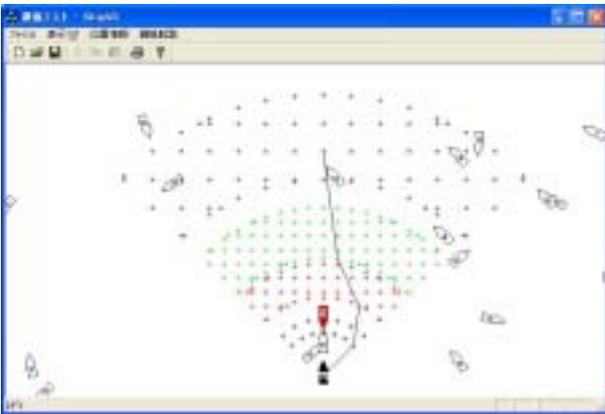


図8 避航航路作成プログラム

また、避航操船アルゴリズムの開発支援ツールとして、交通流シナリオ作成ツールの作成を行った。本ツールによって、交通流データからの船舶発生データの作成、個別の船舶データの編集、XML形式でのシナリオファイルの保存ができる。このシナリオファイルは、これを基に本支援ツール上で避航操船シミュレーションができると共に、操船シミュレータの設定ファイルとしても使用できる。

3.4 システム評価のための環境整備

システム自身の開発の他、システム評価の場となる操船シミュレータ及び実験船への接続と操船シミュレータの整備を行った。本システムは基本的にはLAN上でのUDPデータ通信で接続するよう設計されており、操船シミュレータと実験船で同じプロトコルで接続できるようそれぞれのインターフェース部分を作成し、接続実験を行った。写真1は、実験船に接続し、実際に計画航路を航行している様子である。



写真1 実船実験時の様子

4. まとめと今後の予定

本年度までの研究で、AIS及び画像処理を用いた航行障害の自動検出について、システム構築の目処がたった。また、避航判断支援についても、衝突の危険判断、判断結果の当直者への効果的な提供、避航航路の設定が可能となった。さらに、システムの評価を行うための環境として、操船シミュレータと必要に応じて実船に接続が可能なのことが確認できた。

今後は、避航操船における協調操船機能及び危険の自動回避機能の研究を行う。また、研究者自身の評価も含めて使い込みによる評価とフィードバックが実施できなかったため、操船実務者を含めた評価を進め、改良を進めて行く予定である。