座礁予防システムの開発*

外 岡 幸 吉**

Development of Stranding Avoidance System

By Koukichi Sotooka

The stranding avoidance system has been researched and developed steadily as one (1) of sub projects together with all other sub projects under the banner of research and development of so-called "Intelligent ship" through a joint research by Japan Shipbuilding Research Association and seven(7) Japanese shipbuilding companies for six(6) years between 1983 and 1988.

The stranding avoidance system using the electronic chart system was so developed as to have full-automatic functions free from navigator's manual operation.

The system obtains the precise own ship's position by radar video matching with digital chart, judges the risk against stranding based on updated digital chart and issues the visual & audible alarm to the navigator.

Parametric sonar for detection of obstacles in the water was also developed as a different means from the stranding avoidance system using the electronic chart system.

The on-board experiment for the trial product of stranding avoidance system was carried out in 1989 on SHIOJI MARU, which is the training ship belonging to Tokyo University of Mercantile Marine so as to verify both satisfactory operation of main functions and effectiveness as navigational aid for the safe navigation of vessel.

This report describes outline of stranding avoidance system and results of the on-board experiments.

1. ま え が き

座礁予防の現状としては、航海士の見張りによる細心の注意をはらっての周囲状況の確認及び航路標識、精密な水路調査に基づく海図、レーダ、音響測深儀による諸情報を入手し、航海士の総合的判断によって自船の位置を正確に把握し、浅瀬、暗礁を予知することにより、これを回避し座礁を防止しているのが実状である。

本座礁予防システムの開発に当たっては、上記乗組員作業の全ての自動化、すなわち、航海中の航路及び自船

位置を正確に自動的に検知し、自船の進行方向にある水面下の障害物、浅瀬、暗礁の情報を確度よく早期に入手し、通常航行中におけるこれらの諸情報から自動的に座礁事故の危険性を判断して避航操船情報を最適航路計画システム及び港内航行誘導システムに提供出来ることを目的とし、適用航路として、大洋航路、狭海域、港湾等においても有効なものとした。

昭和58年度から昭和63年度の6ケ年、要素技術として座礁予防システムの研究開発を行った。平成元年度は、6年間に開発した試作機を東京商船大学の汐路丸に搭載し、実船実験により、主要機能の確認及び支援装置としての有効性の検証を行った。

以下、座礁予防システムの概要と実船実験の結果について報告する。

*原稿受付日 平成2年9月17日

月例講演(平成2年7月5日)

**正会員 住友重機工業(株)(横須賀市夏島町19番地)

2. システム開発の基本的概念

座礁事故の実態調査として、各機関にて種々の角度から座礁事故の実態を調査しているため、それぞれの資料を収集し、各種検討を行い座礁予防システムの要求仕様としての基本的概念を策定した。(図1参照)

また、これらに基づいた座礁予防システムの機能ブロック図を図2に示す。

図2 座礁予防システム機能ブロック図

3. 座礁予防システムを開発するための要素研究

今回開発した座礁予防システムは、大きく分けると危険予知システムの部分と水中障害物ソナーの部分の二つに区別される。危険予知システムは、座礁予防システムそのものの機能を持たせ、水中障害物ソナーは、基本的

には、水中障害物センサーであるとしながらも、機能的には、独立性を持たせることにより、一部ハードウェアの冗長部分が生ずるが用途によっては、それぞれ別々のシステムとなり得るので、一つのシステムとして独立性を持ったものとして開発し、それぞれ試作機の製作を行った。

これらの試作機を製作するにあたって下記の要素研究を行った。

3.1 危険予知システムの要素研究

3.1.1 海図のデジタル化 海図とレーダ映像とのマッチングを行うため、東京湾中部(海図番号1062)及び相模灘(海図番号1078)の2種の海図をデジタル化し、海岸線、危険水深線、航路線等の線情報と浮標、灯台等の点情報の抽出を行い2次海図を作成した。

3.1.2 海図とレーダ映像のマッチング 東京湾中部および相模灘の海図に表現される海域のレーダ映像を実船上にて採取し、デジタル海図とレーダ映像とのマッチングを行い、デジタル海図上に自船位置を自動的にプロットングし、通常の船位計測装置であるロランCやNNSSと比較して高精度の船位が得られた。(図3参照)

3.1.3 危険状態の検知 座礁の危険性を回避するため危険判定監視レベルを設定し、デジタル海図とレーダ映像とのマッチングによる自船位置と、危険水深領域との相対位置を算出し危険状態の検知の実験を行っ

浦賀水道 レーダ映像

浦賀水道 デジタル海図

浦賀水道 レーダ映像とデジタル海図の重畳
(NNSSの船位による)

浦賀水道 レーダ映像とデジタル海図の重畳
(レーダマッチングによる)

図3 東京湾内におけるレーダマッチング

水中障害物ソナーの座礁予防システムにおける位置付け

海図情報と自船位置から水面下障害物を自動的に検知する方法の補助的手段として、比較的近距離の水面下障害物を検知することを目的としたものである。運用範囲としては、大津や沿岸航路のごく浅瀬で航行する海域ではなく、海内、排水道のごく低速で航行する海域、例えば湾奥水深浅域あるいは東京湾の内側の浅瀬等を対象としており、船舶の航行停止距離及び旋回距離の短い場合に避礁情報として有効なものを目標とした。
(録入材料の水中障害物は、海水の表面付近の温度梯度が大きく物理的な現象として音響が伝わり難い距離まで到達しない。)

旅客船、貨物船、油輪、漁船の座礁事故原因

3,000GT以上の船舶の座礁原因

「乗務員の実態」より
(座礁審判庁)

「船舶制御システムの評価と
市場動向に関する調査研究」より
(日本船舶工業会)

図1 座礁予防システムの要求仕様の基本的概念

た。

3.1.4 危険判定監視レベルの設定 危険判定監視レベルは、本来は船内統合システムから、船の大きさ、航海モード、船速等を考慮したしきい値を入力し設定するシステムであるが、本システム単独でシミュレーションにより機能を確認するため本システムとして危険判定のための監視レベルを、操船性能および避航可能な限界等を調査検討し、次のごとく設定した。(図4参照)

・注意領域

自船と水中障害物との距離がしきい値 R_1 以下のとき、注意警報を出力する。 R_1 は避航開始距離とする。

・危険領域

自船と水中障害物との距離がしきい値 Min. TCPA 以下で、DCPA がしきい値 Min. DCPA 以下のとき、また、自船と水中障害物の距離がしきい値 R_2 以下のとき危険警報を出力する。 R_2 は閉鎖領域の前方距離と逆転停止距離の合計距離とする。

・重危険領域

自船と水中障害物との距離がしきい値 R_3 以下のとき、重危険警報を出力する。 R_3 は閉鎖領域の前方距離とする。

・監視領域

自船の左右 60° とし、距離 R_0 は注意領域 R_1 の2倍とし、最大24海里までとする。

以下に、コンテナ船 ($L=200\text{m}$, $B=32.2\text{m}$, $D=$

図4 危険判定監視レベル

18.7m , $d=10.2\text{m}$, $V_s=21.6$ ノット) を例にとり、大洋・沿岸モード、港湾モード、狭水域モードの各モードごとの閉鎖領域、重危険領域、危険領域、注意領域、監視領域についてのしきい値を示す。(表1参照)

3.2 水中超音波ソナーの要素研究

3.2.1 水中超音波の特性実験

超音波の海水中の伝搬速度は、水温が高ければ早く、また塩分濃度が高ければやはり伝搬速度は早くなる。水深が深くなれば静水圧が比例して増大し、伝搬速度も増大する。海が浅い場合は、温度傾度も大きく、伝搬速度も大きく変化し音線が屈折する。遠方の浅瀬、暗礁を検知するために斜め入射による遠方の海底からの弱い反射信号を受信することになり残響、泡、その他がその識別に妨害を与える。このような水中における種々の条件変化による音線の傾向を把握するため、沼津市三津の実海面において、周波数80KHz、指向角 3° の送受波器を用いて下記の実験を行い、水中超音波の基礎特性を把握した。

① 音線の測定 超音波の伝搬特性を把握するため送信船から超音波を送信し、受信船で受波器の深度および距離を変化させ音圧レベルを測定した。

② 目標検知 水中の目標物の検知能力を把握するため、クレーン船に目標物を吊下げて測定船から音波を発射し、反射波を受信し、分解能力を測定した。

③ 80KHz送波器による海面探査 実海面における海底を探索するための測定船に装置を搭載し、海底地形のあらかじめわかっている実際の海底を探索した。

3.2.2 パラメトリック送受波器の特性測定

1次周波数80KHz/90KHzの送受波器を用いて2次周波数として両周波数の差の10KHzを発生させ、旋回装置にて送受波器を旋回させて、各角度における受波レベルを測定して送波器の指向性を求めた。半減角で $\pm 1.5^\circ$ と非常にシャープであり、サイドローブがほとんど発生しないことを確認した。(図5参照)

3.2.3 音線の屈折シミュレーション

海水の垂直温度傾度から音線の屈折を推定することにより、音波の発射角度を制御し、最大測定可能距離を予測するため、海水の垂直温度分布および音線の到達距離を計測し、音線計算プログラムを作成して音線の屈折シミュレーションを行い、実海面における春夏秋冬のそれぞれ

表1 総合シミュレーション対象船(コンテナ船)の危険判定レベルのしきい値

領域	閉鎖領域	重危険領域	危険領域	注意領域	監視領域
航海モード					
大洋・沿岸 (NAV. FULL)	$12L \pm 4L$	2,500m	7,500m	11,800m	23,600m
港湾 (HAR. FULL)	$6L \pm 2L$	1,200m	2,800m	6,200m	12,400m
狭域 (HALF)	$3L \pm 1L$	600m	1,000m	3,400m	6,800m

図5 パラメトリックソナーの特性比較

の温度変化に対する実測値と比較し、ほぼ一致することを確認した。(図6参照)

3.2.4 パラメトリック送波器による海面探査 指向角の鋭いサイドローブのほとんどないパラメトリック送波器を用いて、切り立った島、海底の凹凸箇所、緩やかな傾斜の砂地の3種の海底について探査を実施し比較を行い、サイドローブによる反射も少なく目標を明確に捕捉できた。

4. 座礁予防システムの仕様および機能

4.1 仕様および機能 危険予知システム及び水中障害物ソナーの試作機の主要仕様および機能は、以下の通りである。各々の試作機の写真を図7及び図8に示す。

4.1.1 危険予知システムの主要仕様および機能

① 航路情報の自動入手

航路計画に従った海図の自動選択
海図の有効範囲の自動切り出し

② デジタル海図への自船位置自動プロットング

精 度：±100mまたは±2%以内
サイクルタイム：レーダマッチングによる船位
90秒
：ログ・ジャイロによる推測船位
10秒

③ 水中障害物の自動探知

方 法：デジタル海図情報および水中障害物ソナー情報
探知範囲：海図：±60°，最大24浬，ソナー：約200～1,200m

④ 危険性の自動判断

監視レベル：航海モードにより重危険，危険，注意の3種のしきい値設定
危険性の判断：しきい値と比較
サイクルタイム：10秒

⑤ 危険情報の出力

上位システムへの通信：角度1°ごと，距離1m単

図7 危険予知システム試作機

図8 水中障害物ソナー試作機

10.16.8 17:00

8/27 12:00

深度(m)	水温(℃)	塩分
0	27.5	
5	27.2	
10	26.9	
15	26.3	
20	26.1	
25	25.0	
30	24.7	
35	24.3	
40	24.2	
45	24.3	
50	24.4	

昭和40年11月1日

水深(m)	水温(℃)	備考
0	26.1	
5	26.1	
10	26.1	
15	26.1	
20	26.1	
25	26.1	
30	26.1	
35	26.1	
40	26.1	
45	26.1	
50	26.1

a. 春期実験時

b. 夏期実験時

c. 秋期実験時

d. 冬期実験時

図6 垂直温度傾向／音速／音線屈折の例

位の情報, RS-232C

表示部: 512×480ドット, 14インチ, 8色カラー
ディスプレイ

表示情報: 自船位置, 表示レンジ, レーダ映像, 海岸線, 危険等深線, 航路線, 灯台, 浮標, 自船速度, 針路, レンジマーカ, 監視レベルしきい値, ソナー情報

データ更新: 10秒ごと

4.1.2 水中障害物ソナーの主要仕様および機能

- ① 送受波器
方式: パラメトリック音源方式
ビーム角: $\pm 1.5^\circ$
- ② 送信器
送信出力: 5~10kw
1次周波数: 80/90KHz
パルス幅: 10/20ms 切替方式
- ③ 受信部
受信周波数: 10KHz
受信帯域幅: 100Hz (-3dB)
- ④ 探知範囲
距離: 約200~1,200m目標
角度: $\pm 7.5^\circ \sim 45^\circ$ (レンジによって可変)
- ⑤ 旋回装置
旋回範囲: 最大 $\pm 60^\circ$
旋回速度: $1.5^\circ/\text{sec}$
- ⑥ 水中障害物情報の出力
上位システムへの通信: 反射エコーの前面のエッジ

のみを角度 1° ごと, 距離
1m単位の線情報, RS-232C

表示部: 14インチ, カラー CRT

表示内容: ソナー表示 (信号レベルにより4色表示), 音線表示

座礁予防システムのハードウェア構成図を図9に示す.

4.2 機能の確認

4.2.1 危険予知システム 東京商船大学の汐路丸に乗船し, 実際に東京湾と大島西側を航行中のレーダ映像を採取し, 試作機を用いてレーダ映像とデジタル海図とのマッチング, 並びに, 航路監視の個別シミュレーション実験及び総合シミュレーション実験を実施し, 前記各種機能の確認を行った.

① 航路情報の自動入手 海上保安庁水路部作成のデジタル海図から本システムに利用するための航路情報のみを抽出した2次海図を作成し, 航路計画に従った海図番号を自動的に選択して, 必要な海路情報が自動的に入手できた.

② 自船位置の高精度プロットング 上記2次海図とレーダ映像とのマッチングを行い, 船内の船位測定装置からの自船位置を補正, 常に高精度に自船位置を海図上に自動的にプロットング出来た. また, レーダ映像を属性による信頼性の高低, あるいは, データの重要な度合等により重み付けを自動的にを行い, マッチング精度を向上させた.

③ 水中障害物の自動抽出 デジタル海図の灯台, 浮標, 危険水深線, 航路線, 海岸線等の航路情報の属性

図9 座礁予防システムのハードウェア構成図

図10 海底探知表示画面と海図との比較

を明確にしたものから、危険水中障害物情報を自動的に抽出できた。

④危険性の自動判断 自船の航海モードより危険レベルを設定し、そのしきい値と、自船と水中障害物との相対位置を演算し、そのレベルに応じた判断を自動的に行うことが出来た。

⑤危険情報の自動出力 注意、危険、重危険の3種の危険階級について、危険階級ごとのアラームを発すると同時に、上位システムへの自船と水中障害物との相対位置として、 $\pm 60^\circ$ 、24浬の範囲を角度 1° ごと、距離を1mの単位で自動的に出力できた。また、これらの航路監視状況を一目瞭然にわかるようCRT上にカラーで色別表示をした。

4.2.2 水中障害物ソナー 試作機を実験船に搭載し、沼津市三津の実海面において、海水温度が変化するので、春、夏、秋、冬、の四季にわたり実験を実施し各種機能の確認を行った。

①送受波器の特性 80/90KHzのパラメトリック音源方式を採用し、サイドローブのない鋭い指向性を有する送受波器が開発できた。

②浅海域における音線特性の把握 実海面における数多くの実験により、水中温度傾度および反射対象物体等による音線の屈折、反射、減衰等の特性を把握し、これらをシステムに折り込むことができた。

③水中雑音除去 送受波器からの信号をSTC処理、微分処理、背景雑音処理、平滑処理、独立点除去処理、累加処理、補間処理等を行い、大方の雑音を除去でき、現在のレーダ映像と同等以上のCRT表示が出来た。

④探知距離及び精度 水中温度傾度を計測し、音線の屈折シミュレーション、音線探知限界等をオンラインで実行し、上記雑音除去とともに、ほぼ真のターゲットを抽出することができた。探知距離は水中温度傾度により左右されるが約200～1,200m程度まで実海面実験で探知できた。精度は、1,000mで約15m以下の誤差である。

⑤水中障害物情報の自動出力 水中障害物情報は、反射エコーの強さを4色カラー表示とし、極座標によりラスタースキャン方式によりCRT表示を行った。探知限界、音線シミュレーション結果等を同時表示とし、見易い表示にできた。

海底探知表示画面と海図との比較を図10に示す。

5. 実船実験

5.1 実船実験の目的 昭和63年度まで実施した高度自動運航システムの研究開発に於ける要素技術の一つとして開発された座礁予防システムについて将来の実用化の可能性を確認のために東京商船大学の汐路丸により実船実験を実施した。

今回の実船実験では、センサーの一つである水中障害物ソナーについては実船への装備が困難なため行わず、本システムを上位システム（船内統合システム）と接続して、主要機能を確認すると共に、乗組員への情報として自船の周囲の航路状況、即ち、海岸線、20m等深線、航路線、浮標、自船位置、針路、レーダ映像、レンジマーカの情報が一目瞭然にCRT上にカラーで色別表示できること、並びに、座礁の危険情報として注意領域、危険領域、重危険領域、閉鎖領域の範囲のCRT上への表示、更に、各危険レベルに対して警報すること等について、乗組員への支援装置としての有用性を検証する。

5.2 実験概要 座礁予防システムの実船実験の概念は図11に示す通りであり、本システムの本体機能の実用性を確認するため次の方法により実験を行った。即ち、船位、方位、船速を船内LANから、レーダ映像をレーダから入手し、デジタル海図とレーダ映像とのマッチングにより高精度に船位を修正し、デジタル海図上にその船位を自動的にプロットした。

水中障害物情報は、デジタル海図から抽出し、予め設定されている危険範囲と比較し危険性の判断を行い注意、危険、重危険の各レベルに対する警報を発すると共に上位システムへその結果を出力した。

図11 座礁予防システム実船実験説明図

また、本システムの最も重要なものの一つは、自船位置を高精度にデジタル海図上に自動的にプロットングすることであり、その方法としては、デジタル海図とレーダ映像とのマッチングによる方法を採用しているの、その船位精度を他の船位計測装置と比較した。船位の基準値として高精度の基準測位装置の主局を本船に、従局を陸上に2ヶ所仮設した。

実船実験用ハード構成図を図12に示す。

5.3 実験結果および解析

5.3.1 主要機能の確認 座礁予防システムによる航路監視実験は浦賀水道航路及び館山付近の海域において実施し、次のような方法によって主要機能の確認を行い正しく作動していることが検証できた。

①航路情報の自動入手 航路計画に従った海図番号を自動的に選択することとし、北緯 35° 09′ を検知して海図 No. 1062 から海図 No. 51 に自動的に切り替える処を CRT 表示で確認する。

②自船位置の高精度自動プロットング デジタル海図とレーダ映像とのマッチングを行い、海図上に自船位置を自動的にプロットングしている状態を CRT 表示で確認する。

現状のシステムでは、マッチングインターバルは約90秒、推測位置により約10秒間隔で補間している。

③水中障害物の自動検知 デジタル海図情報から危険水深線、海岸線、航路線等の情報を抽出し、各々を色別している状態を CRT 表示で確認する。

④危険性の自動判断 汐路丸の船型及び船速に合わせて危険判定レベルを図13のように設定し、そのレベルに応じた警戒を出すことで確認する。

⑤危険情報の自動出力 危険状態になった際、上位システムへ自動出力する水中障害物の距離及び方位を CRT 及びハードコピーに出力して確認する。

5.3.2 船位計測データ レーダマッチングによる船位、ロランCの実測値及び補正值（測地系、陸上伝搬による補正值）による船位及びデッカによる船位を計測した。

更に、船位の基準値とするため、誤差±1 m以内の精度を有する基準測位装置（トランスポンダ）を使用することとし、従局2局を三浦半島側の住友重機械追浜造船所（E139° 39.86′, N35° 19.17′, 海面高27.84m）及び横須賀下水処理センター（E139° 41.43′, N35° 15.86′, 海面高21.64m）に仮設した。

レーダマッチングによる船位、ロランCによる船位及びデッカによる船位を、基準測位装置による船位を基準値として各々の誤差を算出し、レーダレンジのフルスケールに対する誤差の百分率の値の度数分布を求めた。

図14にレーダマッチング船位の誤差ヒストグラムを、図15にロランC船位の誤差ヒストグラムを、図16にデッカ船位の誤差ヒストグラムを示す。

5.3.3 船位計測精度の解析

(1) レーダマッチング船位の傾向

緯度：測位誤差の度数分布は、レーダレンジ6マイルの場合、-3.8%を頂点とし、-0.7%～-4.7%の間に広い範囲に多く分布している。これは緯度方向のマッチングデータとなる実験海域の横方向のレーダ映像は、房総半島の富津岬（図17中のA）は干出浜を広くレーダ映像としてとらえ、デジタル海図の海岸と明らかに一致しないことがわかるためマッチングデータからドロップし

図12 座礁予防システム実船実験用ハード構成ブロック図

図13 危険判定監視レベル

たが、三浦半島の北側は、走水付近（図17中のB）の狭いデータしかなく、また南側（図17中のC）は野比、長沢、上宮田の長い砂浜の海岸線の後方の住宅のエコーを捕らえたデータしかなかったことが要因と推察される。浦賀水道航路南下、北上における顕著な相違は見られないが、北上の方が南側へのずれが少し大きな値を示している。これは野比、長沢、上宮田の長い砂浜の海岸線の影響ではないかと考えられる。

経度：測位誤差の度数分布は、レーダレンジ6マイルの場合、+0.1%を頂点とし、-1.0%～+1.8%の間に

集中して分布しており、目標値±2%の範囲に入っている。これは経度方向のマッチングデータとなる実験海域の縦方向のレーダ映像が多かったため、非常によい条件でマッチングできたものと推測される。浦賀水道航路南下、北上における相違はみられない。

まとめ：レーダマッチングによる船位計測誤差の度数分布差を求めた結果を表2に示す。

これによると正規分布と考えた場合には、±σ内に68.3%のものが集まることになるが、実測値の方が1例を除いて中心にデータが集中していることがわかる。

レーダ映像とデジタル海図のマッチングについては、両画像のデジタル相関をとり最大値となる点に修正している。今回の実験で経度の誤差は少なく、緯度の誤差が多かったのは、マッチング条件の良否の結果によるものと考えられる。従って、与えられたレーダ映像から如何に良いマッチング条件を作るかが今後の課題と考える。

(2) ロランC船位の傾向

ロランCの計測船位及び測地系、陸上伝搬による補正船位について基準測位と比較を行ったがレーダマッチング船位と比べてデータのばらつきが多い。

(3) デッカ船位の傾向

デッカの計測船位について基準測位と比較を行ったが、レーダマッチング測位と比べてデータのばらつきが多い。

図14-A レーダマッチング船位の誤差ヒストグラム(緯度)

図16-A デッキ船位の誤差ヒストグラム(緯度)

図14-B レーダマッチング船位の誤差ヒストグラム(経度)

図16-B デッキ船位の誤差ヒストグラム(経度)

図15-A ロランC船位(補正值)の誤差ヒストグラム(緯度)

図15-B ロランC船位(補正值)の誤差ヒストグラム(経度)

5.4 総合評価と課題 実験結果について学識経験者及び船社の委員により構成される評価会において下記のように評価された。

総合評価：座礁予防システムによる航路監視機能について、検証を行った結果、レーダマッチングによる船位精度は、他の船位測定装置に比べて精度がよく良好であったが実験海域の地形により精度が多少落ちるところがあった。これはレーダの反射特性によるレーダ映像と海図上の海岸線との相違によるものと思われる。その他の機能については良好であった。また、航路監視の支援装置としても有効であることが確認された。

今後の課題：

ハードウェアの問題として、

・海図の切替え、レーダマッチングの切替え時等の

表2 船位計測誤差の度数分布の平均値と標準偏差

航行状態	計測 度数	分布の性質			正規分布の場合
		平均値 $\bar{x}$ %	標準偏差 σ (%)	$\pm \sigma$ 内の度数及び%	$\pm \sigma$ 内の分布%
緯度・南行	59	-2.11	1.28	31度 (52.5%)	(68.3 %)
緯度・北行	46	-3.70	1.03	36度 (78.3%)	(68.3 %)
緯度(南行北行 総合)	105	-2.81	1.41	71度 (67.6%)	(68.3 %)
経度・南行	59	0.14	1.24	43度 (72.9%)	(68.3 %)
経度・北行	46	0.12	1.28	38度 (82.6%)	(68.3 %)
経度(南行北行 総合)	105	0.13	1.25	81度 (77.1%)	(68.3 %)

図17 浦賀水道航路付近の陸岸の状況

処理速度の向上

- ・レーダ映像のマッチングにおける船位精度の向上のためのレーダ映像の分解能や質の改善

ソフトウェアの問題として、

- ・水路情報の迅速な更新

等が挙げられる。

8. あとがき

座礁事故は鋼船の海難事故全般に占める割合は、最も高く、例として約35%を占めるという統計が過去に発表されている。

座礁事故の防止に関する研究は、昭和43年～46年度の間、日本造船研究協会第106研究部会「船舶の高度集中制御方式の研究」の中で水中障害物ソナーを取り上げて以来、座礁予防装置の実用化開発はなされていないようである。

今回、「座礁予防システムの開発」を取り上げ、昭和58年度から～昭和63年度の6ケ年に亘たる研究開発を行い、個別シミュレーション及び総合シミュレーション等の結果、並びに、平成元年度の汐路丸による実船実験の結果により、下記の成果を確認した。

・危険予知システムについては、当初目標とした、無人化性、安全性、信頼性、即時性等について初期の目的を達成し、また、本システムの主要機能である航路情報の自動入手、自船位置の高精度プロットング、水中障害物の自動抽出、危険性の自動判断、危険情報の自動出力等についても良好の成果を得た。また、航路監視の支援装置としても有効であろう。

・水中障害物ソナーについては、パラメトリック音源方

式の高性能な送受波器を開発し、実海面における実験により、浅海域での水中超音波の伝搬特性を把握し、これをシステムに反映させ、各種雑音除去を行い、ほぼ真のターゲットを抽出することができた。探知距離は水中温度傾度が大きく影響されるため近距離あるいは、港内操船用や水路確認用等の用途には実用化の可能性がある。

将来は、航海用デジタル海図が世界的に普及される傾向にあると考えられるのでデジタル海図のUP-DATEの方法の確立及びレーダマッピング用電波標識等の設置が望まれる。これらのことによって座礁予防システムの水路情報の信頼性が向上し、また、レーダマッピング用船位精度も向上され、座礁事故の減少が期待される。

終わりに、本研究の技術開発は(株)日本造船研究協会の場において行われた。また、今回の実船実験は東京商船大学との共同研究として実施されたものである。この研究開発および実船実験は多数の関係者のご助言とご協力のもとにできたものであり、ここに衷心より感謝の意を表し、御礼申し上げます。

〔質 疑 応 答 〕

質問者 日本鋼管(株) 中馬繁

〔質問〕

〔1〕 水中障害物ソナーの主要仕様の中で旋回速度が $1.5^\circ/\text{sec}$ とありますが、本装置は機能的に水中レーダーの一種と考えた場合、少し遅いような気がしますがどのような考え方でこれを決められたのか、またそのCRTへの表示の方法を簡単に説明してもらえませんか

しょうか。

〔2〕 同上において、CRT表示された画面上で、危険判定監視レベルを設けているのはよい方法だと思いますが、最終的な操船の判断をするにはどのような処理を行っているのでしょうか。

〔解答〕

〔1〕 旋回速度 $1.5^\circ/\text{sec}$ について

レーダの場合は電波伝搬速度は $3 \times 10^8 \text{ m/sec}$ ですの
でレーダレンジ 100 マイルでも、反射波を受信するま
で約 1 m.sec しかかかりません。スキャナー回転速度
が 20 r.p.m. の場合は、この間に略 0.1° しか回転せ
ず、一般のレーダビーム巾は $1^\circ \sim 2^\circ$ 程度であるた
め、充分受信可能です。

水中障害物ソナーの場合は、水中超音波速度は約 1500
m/sec ですの
で最大探知可能距離 1200 m でも反射音
波を受信するのに約 1.6 sec かかります。旋回速度 $1.5^\circ/\text{sec}$ で、この間にソナーの送受波器は 2.4° 回転する
のでビーム角 3° に対して、略受信可能な限界となり

ます。

CRT への表示方法について

水中障害物ソナーのCRT表示は、講演前刷の p24. 図
10 に示す通りになります。試作機は 14 インチ、カラー
CRT に受信信号レベルにより 4 色カラーで明確に表
示されます。

座礁予防システム（講演前刷 p21. 図 7 参照）の
CRT には、自船を中心としたデジタル海図上に反射
エコーの前面のエッジのみを桃色の線で表示します。

〔2〕 避航操船の処理は上位システムが行います。

座礁予防システムは座礁の危険性の判断を行い、上位
システムへ危険位置情報を方位 1° 、距離 1 m の単位
で約 10 秒毎に自動的に出力します。

上位システムは、更に衝突予防システムからの衝突危
険情報とを考慮して、複合避航操船を行うことになっ
ており、昭和 63 年度に実施した総合シミュレーション
テストにより実証しました。