衝突予防のための船舶識別方式

山内宏之*・水城南海男*・藤井弥平*

萩野芳造**・青蔭守治***

Ship Identification System for Collision Avoidance

H. Yamanouchi, N. Mizuki, Y. Fujii,

Y. Hagino and M. Aokage

Abstract

A collision avoidance system is devised which is composed of a ship-borne radar and a conventional VHF communication system with some additional devices. Ship-borne radars and VHF communication systems are used quite widely today.

The functions of the system are listed below ;

- (1) collision warning by a buzzer which is equivalent to a horn of a car.
- (2) identification of a target with which a collision may occur by giving a mark on the radar scope as well as identifying lamp display.
- (3) exchange of information on manoeuvrings and others through VHF telecommunication.

An evaluation test at sea was executed in the vicinity of Port Yokohama where "Noji-ma", a patrol ship, was employed as the target and "Sumida", also a patrol ship, was calling station. The functions of the system were almost satisfactory and the covered range was up to 3.5 miles for the range of "Low Sensitivity" of the radar receiver.

However, interferences from other radars as well as other VHF transmitters were observed occasionally, since the congestion of the ship traffic as well as electromagnetic wave are heavy in the port.

The tested system has this shortcoming, however, the authors feel that if the system is produced very economically, its merits are beyond its shortcoming.

1. ま え が き

船舶と船舶との相互関係による海難すなわち衝突などは、他の海難と比べて近年特に激増しており、運輸省の海難統計によると、昭和30年に全海難の36%であつたものが、36年には56%、42年には61%となつている。これらの大部分は海域や沿岸海域に発生しており、霧中などの視界不

* 電子航法研究所（東京都三鷹市新川6-38-1）

** 海上保安大学校（呉市若葉町1-1）

*** 海上保安庁（東京都千代田区霞が関1-2-1）

良時には単位時間当りの発生率が特に多くなっている。視界不良時にはレーダから得られる情報をもとにして相手船の位置・針路・速力を判定し、自船の避航動作を開始するのであるが、この場合、レーダ・スコープ上に現われた衝突の可能性のある特定の船舶と、無線電話などで、針路情報の交換をおこなうことが衝突予防上きわめて有効である。大洋など広い海域においては、周囲の船舶もすくないので、比較的簡単に目的とする相手と呼出して連絡をとることもできるが、航路集中水域で数隻から数十隻の船が付近を航行している場合には、レーダ画面上のある特定の船舶を選んで、これのみに呼出しをかけることは現状のままではむずかしい。

そこで、現在小型船にいたるまで高い普及率で設置されているレーダとVHF無線電話機を利用し、これに簡単な付加装置を付けることによつて、レーダ画面上の相手を識別できるような方式を考え、このための基礎実験用の装置を製作し、その可能性を実験してみたので結果を報告する。

2. 識別装置の動作

この装置は、一般船舶用として広くもちいられている 3 cm 波帯レーダおよび船舶用VHF無線電話機を利用して、付近航行中の船舶の中から、目標船の選択呼出を目的とする付加装置である。その構成を 1 図 1 にしめす。ここで点線で囲んだ部分は、既に船に搭載されているものを利用する部分である。

図 1 船舶識別装置構成図

その動作原理を 図 1 で簡単に説明すると、まず呼出局において、レーダのビームが、ある船の映像を通過するときに、ボタンを押してVHF無線機からある種の信号を発射する。応答局では、この信号を自局の無線機で受ける。同時に呼出局のレーダ電波を、付加装置のマイクロ波受信機で受ける。この無線機の信号とレーダの電波とが同時に受信され、しかも両信号に特定の関係があることが信号選択部で確かめられたときのみ応答局は動作し、警報器が鳴る。つぎに、呼出局との連絡によつて警報器の前のスイッチを下に切換えたとき、呼出局からのレーダ波を受けるとVHFによつて応答し、この信号によつて、呼出局のレーダ画面上で応答局のスポット付近に放射状のマークがうつしだされ、また応答局のトーンに相当する色のランプがつく。

つぎに操作の方法を順をおつて説明しよう。レーダによつてあるいはレーダをもちいて本船が航行している場合、レーダ・スコープ上に 図 2 のようないくつかのターゲットが写つていて、B船の相対方位があまり変わらず衝突の危険が予想され、この船と無線電話で交信する必要がおきたとする。ただし、どの船にも本装置を搭載しているものと仮定する。

(1) 呼出局 (図 2 の自船A) のレーダ・スコープ上において、船 B のターゲットに注目する。この場合、A船を呼出局、B船を応答局と呼ぶことにする。

(2) レーダのビームが応答局の方向をむいたとき、すなわちレーダ・スコープ上の輝線がターゲットBを走査するときにA船側でボタンを押す、無指向性でしかもA船レーダのトリガ・パルスによりトリガされたVHF波を発射する。

(3) 応答局では、呼出局のレーダ・パルスをつつ十数個受信するが、この間VHF波も受信することになる。この2つのパルスと同時に受信したときに一致パルスが出るようになっており、この一致パルスが数個あれば応答局の警報が動作する。

図 3 レーダスコープ上への位置信号表示

(8) 呼出局ではこれを受信して、
VHFパルス列と識別符号とに分離す

図 4 操作のフローチャート

る。VHFパルス列は、レーダの繰り返し周期に等しい場合にのみ、位置識別信号として図3のように応答局すなわちB船の後方に輝線マークで表示される。

一方、識別符号は、呼出局の信号処理部において、応答局からの連絡によりプリセットしてある識別符号選択部と合致していれば、色ランプ等によつて表示され確認される。

(9) このような操作でレーダ・スコープ上の衝突の危険のある船を識別した後で、VHF無線電話で避航動作・針路・速力などの打合わせをおこない、衝突を避けようとするものである。

この一連の操作手順をフローチャートとして図4にしめす。この操作はかなり煩雑なようにみえるが、輻輳の度合の低い海域では(4)すなわち音声連絡までの操作だけでも衝突防止に大きく役立つであろうし、緊急時には(3)すなわち呼出の警報だけでも有効であると考えられる。

3. 海上実験

海上実験は昭和45年7月末、横浜港付近の輻輳した海域で実施した。この種の実験は、本装置を搭載した船が数多く存在する海面でおこなうのが望ましいが、実験装置は1組しかなく、かつ巡視船の多忙な日程の中に組み入れて実施したため、基本動作を確認するにとどまった。

呼出局は巡視船「すみだ」の船橋甲板に、応答局は棧橋に係留された巡視船「のじま」に設置した。測定をおこなった位置すなわち呼出局の航跡を図5にしめす。

図5 昭和45年7月30日実施 呼出局「すみだ」の航跡(レーダ映像から求めた)

まず、応答局から1.5マイルの地点でVHFシステムの遅延時間を調整した。当初は不動作の場合が多かったが、これは応答局のアンテナの位置を海面上6.5mの見通しのよい場所へ上げることによつて解決した。なお、「のじま」と「すみだ」の間を船が通過することが多く、とくに応答局「のじま」が大型船にかくれるような場合、不動作となることがあつたがやむをえない。マイクロ波受信機に感度「高」($-40 \sim -20$ dBm 程度の受信機入力)と「低」($0 \sim 20$ dBm)

との切換えがあるが、応答局を横浜港横橋に係船して実験したため、他のレーダの影響で誤動作が多く、このため今回は感度「低」で実験した。

海上実験の結果、つぎのことがわかった。

(1) マイクロ波受信機の感度「低」の場合、呼出局と応答局との距離 0.2~3.5 マイルの範囲で、本装置はレーダ・スコープ上の特定の船を呼出し、レーダ・スコープに位置識別信号を表示し、応答局からのトーン信号に相当する色ランプを点灯することが確認された。

(2) 他のレーダの干渉をうけ、レーダ・スコープ上に識別信号を表示しない場合があつた。

(3) 他局の同じチャンネルの VHF 音声信号の妨害を受け、誤呼出し動作をする場合があつた。

(4) 応答局が横浜港のように輻輳した海域の場合、マイクロ波受信機の感度「高」では、他のレーダの影響が特に多い。

他のレーダの干渉を受ける原因は、応答局がスタンバイボタンを押して on になつた状態で、呼出局レーダ信号より先に妨害レーダ信号が到来した場合、これにより 40 ms のゲイトがさきに動作する。したがつて、呼出局レーダ信号が 40 ms 以上おくれた場合、応答局のゲイトはとざされてしまい、呼出局レーダ信号は無視されてしまう。

VHF 音声信号による誤動作の原因は、VHF 音声信号に含まれているレーダ繰返し周波数成分によるものと考えられるが、さらに検討する必要がある。

4. 考 察

レーダによつて船の衝突防止をおこなうときには、6~8 マイル位からレーダ・プロットイングをはじめることが多い。このことから通常の水域では本装置には 8 マイルの覆域が必要と考えられる。

また、港や狭水道などの輻輳する水域では、船の密度が 1 隻/km² にも達することがあり、このような水域では、避航領域や運航状態を考えると 2~3 マイルの範囲から注意をそそぐというようにきいている。

海上実験の結果によると、横浜港のような輻輳水域で、感度「低」で 3.5 マイルまでの距離で、警報呼出・位置識別信号表示・トーン識別表示の各動作を確認しており、この点で設計当初の覆域はカバーしている。

試験海域と時間の制約のため、これ以上遠距離の地点を調べなかつたが、製造時の測定によれば、感度「低」で正常に動作するためのマイクロ波受信機入力 は -20 dBm 以上必要なので、3.5 マイルですくなくとも -20 dBm の受信機入力があつたものと推定される。

沿岸海域など、あまり船の密度が高くないところでの実験はおこなつていないが、このようなところでは電波の干渉もすくなく、感度「高」で運用すれば「低」に比べて 20 dB だけ受信電力がすくなくてすむので、アンテナ高さにもよるが、8 マイル程度の覆域が期待できる。

このほか、他のレーダと VHF 無線による影響の定量的な測定はしなかつたが、感度「高」で妨害を受けることから、かなりの強さと頻度をもつものであることがわかる。

今後、他の電波の干渉を除くため、さらに改良する必要がある。

今回の実験にご指導ご協力いただいた海上保安庁の立野敏氏ならびに森田英男氏、富士通株式会社の小川晋平氏、海上保安庁巡視船「すみだ」および「のじま」の船長はじめ皆様方に厚く御礼申し上げます。

〔質問〕

1. VHF呼出信号は（レーダPREと同期した）単一パルスであるのか。
2. また、そのパルス幅はどの位か。

(伊藤 実)

〔解答〕

1. 単一パルスをもちいました。
2. 既設のVHF無線が音声領域を対象とした3 kHzの狭帯域であるため、レーダ・レンジが近距離のとき80 μ s, 遠距離のとき200 μ s としました。

〔質問〕

1. 応答船がレーダを作動中でなくても、警報は作動するか。
2. 警報を受けた場合、応答船はどれが呼出船であるか、識別できるか。
3. 応答船がレーダ作動中であれば、呼出船から、VHFで「貴船の何度何海里の何丸」と話しかけて識別できると思う。
4. このような装置は、操船者として霧中航行中最も要望するものの一つである。有効な装置の開発を期待する。

(加藤 敬二)

〔解答〕

1. 応答局において、既設のVHF無線機と、この識別装置の応答局部とがともに作動中ならば、レーダが作動中でなくても、(1)応答局の警報を鳴らす、(2)呼出局のレーダ・スコープ上に位置識別信号を表示するために、呼出局からのレーダ・パルスをVHFパルスに変えて送り返す、(3)色ランプ点灯用のトーン信号を呼出局に送る、(4)VHF電話で交信……の4段階にわたって正常に作動します。
2. 警報の段階では、どの船から呼出されたかは、まだわかりません。
3. 何度何海里に該当する船を応答船のレーダ・スコープ上で探すことができます。さらに両局に、レーダとともに識別装置の呼出局部・応答局部の一揃ずつを持つていれば、応答船のレーダ・スコープ上に呼出船の位置信号を表示できるわけです。
4. 性能とともに普及可能なこと、この2つを両立させた装置をつくることが、衝突防止にはもつとも有効であると思っております。

〔質問〕

1. 応答局側でX-bandとVHFの相関をとること以外、レーダ・ブイと同様な装置かどうか。
2. 応答局が特定の信号で返信するような一定のチャンネルを持つていないと、この装置を持つている全船から信号が返ってくるにならないか。

(飯島 幸人)

〔解答〕

1. 呼出局のレーダ・スコープ上に位置識別信号を表示するために、応答局で信号を送り返すところはレーダ・ブイと似ております。
2. 今回は基本的なものをみるため、チャンネルの区別をもうけておりません。したがって、同じ海域で他の1組が交信していて、ほぼ同時にスタンバイ・ボタンを押せば、レーダ画面上に位置信号が2個所です。ただし、つぎの段階で、トーン信号からの色ランプにより区別することはできます。