

(19) 日本国特許庁 ( J P )

(12) 公開特許公報 ( A )

(11) 特許出願公開番号

特開平7-129872

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

|                           |         |         |     |        |
|---------------------------|---------|---------|-----|--------|
| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号    | 弁内整理番号  | F I | 技術表示箇所 |
| G 0 8 B 23/00             | 5 2 0 C | 7323-5G |     |        |
| B 6 3 B 49/00             |         | 7626-3D |     |        |
| G 0 1 S 7/04              |         |         |     |        |
| 13/91                     |         |         |     |        |

G 0 1 S 13/ 91 S

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-296152

(22) 出願日 平成5年(1993)11月1日

(71) 出願人 591159491

運輸省船舶技術研究所長  
東京都三鷹市新川6丁目38番1号

(72) 発明者 有村 信夫

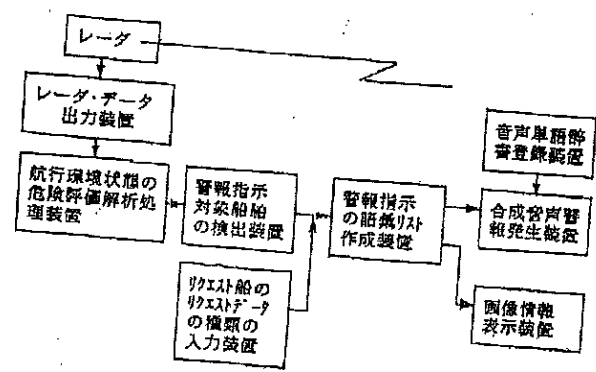
東京都三鷹市新川6丁目38番地2号

(54) 【発明の名称】 船舶衝突予防航行支援装置

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 レーダ・データを基に危険な船舶及び危険性のある船舶、または、捕捉欠落船を検知して、警報の種類や危険船の位置・見合状況に関する見張り情報を操船者に合成音声で伝達する、船舶衝突予防用警報指示装置を提供する。

【構成】 レーダで収集した航行船舶のデータを計算機で知的処理して、船上での人間による見張り報告と同様な会話様式で、警報指示対象船舶の位置や見合状態、及び、リクエスト船のリクエストデータに関する指示内容の語彙リストを計算機上に作成し、合成音声で指示すると共に、それらの船舶によって生じる自船側から見た航路近傍の閉塞海域と他船側から見た閉塞海域、及び、自船針路上に閉塞度の最接近時間軸上における値、また、自船の旋回針路上閉塞度の最大値と最接近距離の最少値を画像表示して、操船者を支援する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 輻輳海域や狭視界域を航行中の操船者に対して、衝突の恐れのある船舶、あるいは衝突の危険性の高い船舶（危険な船舶）と、将来において危険な船舶となりうる船舶（危険性のある船舶）、または自船から一定の範囲内にある船舶であって、目標としてのレーダ上での捕捉が中段された船舶（捕捉欠落船）の発生とその所在に関する警報、及び、操船者が見張り上特に入手したい特定の船舶（リクエスト船）の位置や状態のデータ（リクエストデータ）を自然言語の合成音声で指示するとともに、航路上の危険海域を画像表示する装置が、

- 1) 警報装置で用いる語彙の音声単語辞書記録装置、
- 2) レーダで探知した他船の位置、方位等のデジタル・データを出力する装置、
- 3) 他船と自船の位置・速度関係や自船他船の運動特性を基に、現在及び将来の見合状況を各船舶について解析して、危険な船舶及び危険性のある船舶、または捕捉欠落船に関する警報指示を決定する装置、
- 4) 警報指示船に対する警報の種類、目標の位置関係、見合状況等のデータを総合判断して、音声指示内容の語彙リストを作成する装置、
- 5) 音声単語辞書を使用して、語彙リストに対応した合成音声を発生する装置、
- 6) 警報指示船の所在と自船の航路近傍で他船と接近する危険な海域（たとえば、自船から見た閉塞海域、閉塞度の等高線図・立体図、また、他船側から自船を見た閉塞海域）の潜在的衝突の危険性（閉塞度）、自船針路上閉塞度の最接近時間軸上における値、また、自船が針路を変更した時に生じる旋回針路上閉塞度の最大値と最接近距離の最小値、及び、捕捉欠落船の所在、音声指示内容の文字出力、他船ベクトル情報等の音声指示船に対応した視覚情報を表示する装置、
- 7) 操船者がリクエスト船とリクエストデータの種類を入手するための遠隔操作用キーボードと音声認識装置、によって構成されていることを特徴とする船舶衝突予防警報指示装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、レーダ・データを基に危険な船舶及び危険性のある船舶、または捕捉欠落船を検知して、警報の種類や危険船の位置・見合状況に関する見張り情報を操船者に合成音声で伝達する、船舶衝突予防警報指示装置に関するものである。

【0002】さらに詳しくは、この発明は、レーダで収集した航行船舶のデータを計算機で知的処理して、船上での人間による見張り報告と同様な会話様式で、警報指示対象船舶の位置や見合状態、及び、リクエスト船のリクエストデータに関する指示内容の語彙リストを計算機上に作成し、合成音声で指示すると共に、それらの船舶によって生じる自船側から見た航路近傍の閉塞海域と他

船側から見た閉塞海域、及び、自船針路上に閉塞度の最接近時間軸上における値、また、自船の旋回針路上閉塞度の最大値と最接近距離の最少値を画像表示して、操船者を支援する装置に関するものである。

## 【0003】

【従来の技術とその課題】海難事故統計を分析すると、船舶の衝突事故の主たる原因は、危険な船舶の発見の遅れや判断の誤りにあり、避航動作の開始時期が遅れて避航開始時の時間的・距離的余裕がなかった場合に発生している。このような要因を考慮すると、避航動作の原点となる見合状況の的確な把握、及び避航動作の最適化が図られるように見張りや警報等の航行環境情報を操船者に正確、かつ、迅速に伝達し、早期に危険状態を回避できるように操船者を支援することが重要な課題となる。

【0004】しかしながら、従来の航行支援装置では、複数の警報指示（捕捉目標のロスト警報、危険目標警報、ガードリング侵入警報、捕捉目標数オーバー警報）をブザー音の発生パターンを変えて行なっているが、警報の種類や他船の航行状態に関する指示内容を瞬時に把握することが困難である。また、狭視界域や輻輳海域では、警報全体の発生頻度が高いため、操船者がこの警報指示を煩雑に感じる場合もあるし、そのような状況下では、確認作業を行なう余裕がない場合もある。

【0005】さらに、これらの警報指示機と操船者間の情報伝達の欠落は、危険な船舶の発見や避航判断・動作の遅れを誘発して、衝突事故の一原因となることがある。この警報指示をできるだけ迅速に、かつ、的確に行うための対策として、ブザー音の他にCRT上のシンボル表示やアラームランプを併用する方式も知られている。しかしながら現在の状況では、警報の内容や指示対象船の位置を航行状態を船上での人間による見張り報告と同様式の合成音声で操船者に伝達して、さらに航路近傍における衝突の危険海域を知らせる方式のものは存在していない。

【0006】一方、近年、経済活動の発展に伴って運航要員の省人化が進み、船舶において運航業務に従事する操船者は、見張り作業の合間にも海図による航路の確認、船位確認および他船との航行状態のプロットング等の煩雑な作業を行なっている。このため、見張り以外の作業を行なっている場合でも、航行環境状態や警報指示の内容（他船の位置、状態等）を容易に確実に把握することのできる改善された支援方式の実現が強く望まれていた。しかしながら、現在のブザー音を用いた指示方式では、多忙な操船者に警報指示の内容を確実に伝達して、操船者の負担を軽減することは非常に困難である。

【0007】そこでこの発明は、以上の通り、従来の警報指示のための諸手段の欠点を改善し、多忙な操船者にも警報指示の内容を確実に、かつ、迅速に伝達することのできる新しい船舶衝突予防用の警報指示装置を提供することを目的としている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記の課題を解決し、前記目的を実現するために、輻輳海域や狭視界域を航行中の操船者に対して、危険な船舶及び危険性のある船舶、または捕捉欠落船の発生とその所在に関する警報、及び、操船者が見張り上特に入手したい特定の船舶（リクエスト船）の位置や状態のデータ（リクエストデータ）を自然言語の合成音声で指示するとともに、航路上の危険海域を画像表示する装置が

- 1) 警報装置で用いる語彙の音声単語辞書記録装置、
  - 2) レーダで探知した他船の位置、方位等のデジタル・データを出力する装置、
  - 3) 他船と自船の位置・速度関係や自船の運動特性を基に、現在及び将来の見合状況を各船舶について解析し、危険な船舶及び危険性のある船舶、または捕捉欠落船に関する警報指示を決定する装置、
  - 4) 警報指示船に対する警報の種類、目標の位置関係、見合状況等のデータを総合判断して、音声指示内容の語彙リストを作成する装置、
  - 5) 音声単語辞書を使用して、語彙リストに対応した合成音声を発生する装置、
  - 6) 警報指示船の所在と自船の航路近傍で他船と接近する危険な海域（たとえば、自船から見た閉塞海域、また、他船側から自船を見た閉塞海域）の潜在的衝突の危険性（閉塞度）、自船針路上閉塞度の最接近時間軸上における値、自船が針路を変更した時に生じる旋回針路上閉塞度の最大値と最接近距離の最小値、及び、捕捉欠落船の所在、音声指示内容の文字出力、他船ベクトル情報等の音声指示船に対応した視覚情報を表示する装置、
  - 7) 操船者がリクエスト船とリクエストデータの種類の
- によって構成されていることを特徴とする船舶衝突予防警報指示装置を提供する。

【0009】すなわちこの発明の発明者は、曖昧な情報の伝達をなくすために船上での人間による見張り報告を調査して、船橋において航海士や見張り要員が通常用いている自然言語の見張り報告の会話様式が人工知能応用技術である自然言語処理に適していることに着目し、語彙分類アルゴリズムを計算機上に構成し、警報や見張りの指示を合成音声で、効果的に支援する方式の開発を進めてきた。

【0010】そして、この発明では、航行環境情報の確実な伝達と見張り作業の効果的支援に関する課題を解決するため、操船者の聴覚機能を介して、合成音声で表現された聴覚支援情報を用いて警報指示、及び、リクエスト船のリクエストデータの情報提供を行なうと共に、危険な船舶と遭遇する航路上の閉塞海域等を自船側から見た場合と、他船側から見た場合、及び、自船針路上閉塞度の最接近時間軸上における値、自船の旋回針路上閉塞度の最大値と最接近距離の最小値について画像表示し

て、音声と画像の両面から見張り支援をする方式と、そのための装置構成を採用している。

【0011】この装置については、以下の通りの方法において警報指示がなされる。すなわち、たとえば図1に例示されたこの発明の警報指示装置を用いて、輻輳海域や狭視界域をレーダで航行中の操船者に、危険な船舶及び危険性のある船舶、または捕捉欠落船の警報情報、及び、リクエスト船のリクエストデータ情報を合成音声で指示する方法において、(a)見張り報告で使用している自然言語の音声単語辞書を作成し、(b)レーダから、捕捉船舶の位置、方位、速度、及び、自船の速度や針路等のデータをあわせて受信し、(c)他船との位置関係や見合関係等の航行状態と自船と他船の運動特性から危険な船舶及び危険性のある船舶、リクエスト船、または捕捉欠落船を検出して、(d)それらの船舶の位置や見合状況を解析して、警報指示内容を判定し、(e)警報の種類、目標の相対位置、見合状況等のデータを基に知的処理して、音声指示の語彙リストを計算機上に作成し、(f)語彙リストと音声単語辞書の索引から、合成音声の支援情報を一度に2回繰り返して発生して、(g)視覚情報は音声指示と並行して、危険な船舶と接近する航路近傍の自船側から見た閉塞海域と他船側から見た閉塞海域、自船針路上閉塞度の最接近時間軸上における値、自船の旋回針路上閉塞度の最大値と最接近距離の最小値、捕捉欠落船の位置、及び指示内容の文字出力等の画像情報をCRTディスプレイ上に表示する。

## 【0012】

【実施例】そこで、前記した通りの発明の技術的構成と実施の態様を図面に沿って詳しく説明する。この発明においては前記した通り、見張り報告の会話方式に着目して、レーダから他船データを受信した後、それぞれの船舶について、現在、及び将来に予測される潜在的衝突の危険性（閉塞度）解析を行ない、危険な船舶及び危険性のある船舶または潜在的衝突の危険性のある捕捉欠落船（危険性の高い船舶）、及びリクエスト船等に対しては、他船の位置や速度ベクトル等のデータと海上衝突予防上、自船が避航動作の義務船か、針路保持船であるかを判定して、警報指示の種類と他船の航行位置や見合状態（見合状況）等の指示内容に関する語彙リストを計算機上に作成する。

【0013】船橋での見張り報告に関する会話は、情報伝達時の欠落防止や情報の曖昧さを無くすために、簡潔にパターン化している。そして、この見張り報告で使用される語彙リストは、特定の単語（名詞、形容詞、接続詞）から成り立っている。また、報告時に用いる船舶の航行位置は、たとえば図3の相対位置表現でモデル化し、さらに、見合状況は海上衝突予防法により図4によってモデル化している。

【0014】そして、危険性の高い捕捉欠落船は、警報指示の対象としている。危険性の高い船舶については、

先に作成した語彙リストを基に、各語彙に対応した音声単語を索引して合成音声を発生する。さらに危険な船舶と接近する航路近傍の海域情報は、自船が針路を変更して避航した場合に生じる閉塞度を模擬的に解析し、さらに他船が針路を変更して避航した場合に生じる閉塞度を模擬的に解析して、CRTディスプレイ上に表示して操船者を支援するという技術的構成を採用する。

【0015】このように、この発明は、レーダで得た他船データ(図5)を基に、見張りを継続して行なう必要のある危険性の高い船舶、及び危険性の高い捕捉欠落船(要見張り船)等の見合状況を計算機で解析して、警報指示は合成音声でスピーカから発生させて、共に画像表示で行なうものである。すなわち、図1に示したこの発明の警報指示装置においては、まず、図2に示したような船舶内の見張り報告で使用される音声会話の音声単語辞書ファイルを作成する。これは後述する合成音声の発生で使用される音声単語のデジタル・データである。

【0016】次いで、図5に例示したレーダ・データを基に航行状態を解析して、相対位置関係や最接近時間、航過距離等の要素データを基に、要見張り船等の警報指示対象船を検知する。さらに、警報指示対象船の航行状態に関するデータを基に、警報の種類と航行位置、見合状態等の音声指示を実現するために必要な語彙リスト(図6)を作成する。

【0017】警報指示は、語彙リストを基に音声単語辞書ファイルから対応する音声単語デジタル・データを索引して、D/A変換後増幅して、スピーカから支援情報を発生する。また、リクエスト・データの合成音声による入手は、例えば、リクエスト船のデータ入手に必要な入力データの種類(図13)のコード化(音声入力の場合は認識用の音声の登録を行う)と、入力コードに対応したリクエスト・データの発生条件の設定を行ない、それぞれの入力コードに対応した内容の情報を合成音声で提供する。

【0018】なお、警報指示は一つの指示内容を一度に2回または操船者が設定した発生条件で繰り返して発生する。さらに、見張り警報指示の場合は、閉塞度値を用いて他船の危険性の評価指標とする。閉塞度を用いた航行危険海域の表示例を示したものが図7である。次に指示摘要例を示してみる。

【0019】1) 要見張り船の内、危険性のある船舶の

警報指示は、現在閉塞度が0%で潜在閉塞値が50%以上の船を対象として2分置きに発生する。または、操船者が設定した条件のもとに発生する。

2) 要見張り船の内、危険な船舶の警報指示は、現在閉塞度0%以上で潜在閉塞値が70%以上の船を対象としている。指示時期は閉塞度が10%上昇する毎にする。

【0020】3) 危険な船舶との見合状態が変化した場合、ベアリングの変化状況を指示する。

4) 捕捉欠落船の指示は、前記の要見張り船の中で捕捉が欠落した船舶について指示する。なお、捕捉欠落船の指示は、発生時のみとする。

5) 要見張り船の内、危険な船舶の場合については、他の船舶との見合関係と予測の最接近時航過距離、船首航過距離、最接近までの時間を含め、自船の安全な海域の針路を指示する。

【0021】6) 指示船が複数隻有って、それらの指示内容が同じ場合、その隻数を追加して指示する。

7) 他船が避航を開始した場合は、針路の変化状況、予測の最接近時航過距離、船首航過距離、最接近までの時間を含め、指示する。

8) リクエスト船のデータは、操船者が入力した発生条件の設定により発生する。

【0022】また、航行の危険性を評価する閉塞度評価指標はたとえば以下の通りとする。

#### i) 統計的運動性能で見た避航操船特性

操船者が避航の判断をする場合、避航開始時の最接近時間(TCPA)や航過距離(DCPA)の値は、船の操縦性能(すなわち、特性時間や旋回性能、反転墮力特性)や操船者の判断特性等により決まると考えられる。しかし、操船者は速力や舵角、積荷等の状態に変化するそれらの値を逐次正確に把握することは困難なため、経験で得た主観的評価量で航行環境状態を評価して、安全側に操船しているものと思われる。

【0023】ここでは、避航開始時の最接近時間が船の長さ; Lと速度; Vを関数とした特性時間(=L/V)でモデル化している。また、他船の大きさは速度とレーダ目標の大きさから統計的諸元性能特性(表1)を基に推測する。

【0024】

40 【表1】

| 諸元 (単位)            | 近似式 (標準偏差)   | データ数 |
|--------------------|--|------|
| 1. 総トン数 (ton)      | $\log GT = 3.004 \log L - 2.543 \pm 0.254$           | 8282 |
| 2. 航海速度 (knt)      | $\log V = 0.368 \log L + 0.400 \pm 0.079$            | 8276 |
| 3. 特性時間 (sec)      | $\log \tau = 0.763 \log L - 0.363 \pm 0.097$         | 8276 |
| 4. 型深さ (m)         | $\log D = 0.862 \log L - 0.762 \pm 0.095$            | 8282 |
| 5. 型幅 (m)          | $\log B = 0.723 \log L - 0.187 \pm 0.092$            | 8279 |
| 6. L/B             | $\log L/B = 0.277 \log L - 0.198 \pm 0.087$          | 8279 |
| 7. 旋回従距 (m)        | $\log D_A = 1.120 \log L + 0.254 \pm 0.088$          | 212  |
| 8. $D_A/L$         | $\log D_A/L = 0.127 \log L + 0.231 \pm 0.089$        | 212  |
| 9. 旋回横距 (m)        | $\log D_T = 1.154 \log L + 0.213 \pm 0.103$          | 212  |
| 10. $D_T/L$        | $\log D_T/L = 0.161 \log L + 0.190 \pm 0.104$        | 212  |
| 11. 90度旋回時間 (sec)  | $\log T_{90} = 0.768 \log L - 0.263 \pm 0.041$       | 82   |
| 12. $T_{90}/\tau$  | $\log T_{90}/\tau = 0.109 \log L - 0.396 \pm 0.046$  | 82   |
| 13. 180度旋回時間 (sec) | $\log T_{180} = 0.796 \log L - 0.509 \pm 0.045$      | 82   |
| 14. $T_{180}/\tau$ | $\log T_{180}/\tau = 0.138 \log L - 0.642 \pm 0.049$ | 82   |
| 15. 停止時間 (sec)     | $\log T_s = 1.161 \log L + 0.004 \pm 0.140$          | 269  |
| 16. $T_s/\tau$     | $\log T_s/\tau = 0.421 \log L + 0.330 \pm 0.115$     | 269  |
| 17. 停止距離 (m)       | $\log D_s = 1.446 \log L + 0.010 \pm 0.016$          | 269  |
| 18. $D_s/L$        | $\log D_s/L = 0.449 \log L - 0.006 \pm 0.128$        | 269  |

【0025】そして、操船者が避航開始時間を決める場合は、

自船が避航動作を開始してから避航の効果が現われるまでの時間遅れ；  $t_1 (= 3)$

他船の特性時間；  $t_2$

他船の動向認識の時間遅れ；  $t_3 (= 5)$

操船判断の時間遅れ；  $t_4$

操船者間の情報伝達時間の遅れ；  $t_5 (= 約 5 秒)$

反転墮力において船体が停止するまでの時間（制動停止時間）；  $T_s$

等の時間遅れを予め考慮して避航の開始時期を決めているものと思われる。

【0026】従って、反転墮力において船体が停止する

40 までに船体が進出する距離は、以下「制動停止距離」と言う。たとえば、図8の制動特性を持つ、5000トン（ $L$ ；105m）の船が湾内を通常航行（ $V = 12$ ノット）する場合について考えてみる。ただし、特性時間は自船の特性時間；  $t_2$ ；約17秒、在来船の特性時間；  $t_2'$ （；6～17）秒とする。

【0027】避航開始時の最接近時間分布は、各遅れ時間が

自船の避航時間遅れ；  $t_1$  約57秒、

認識時間遅れ；  $t_3$ （30～85）秒、

50 操船時間遅れ；  $t_4$ （30～60）秒、

操船者間の情報伝達時間の遅れ： $t_d$ ：5秒、  
 制動停止時間： $T_s$ ：250秒、  
 となり、操船者の判断に関する時間遅れ： $t_j + t_r + t_s + t_d$ と制動停止時間： $T$ のいずれかの最小値を、  
 下限値： $L$ （約2分2秒）とし、それらの和を上限  
 値： $H$ （7分37秒）とする範囲に分布し、その平均  
 値が通常の航行速力の制動停止時間： $T_s$ （4分10  
 秒）の近傍に分布している。従って、機関が停止してか  
 ら船体が停止するまでの時間： $T_s$ 、操船者の判断と避  
 航動作の遅れ時間： $t_j$ 、避航開始時の最接近時間の目  
 標値： $T$ （ $= T_s + t_j$ ）とする。

【0028】なお、（ $L > T_s$ ）の条件下では、 $T_0$   
 $= L$ とする。さらに操船者は通常の避航操船による危  
 険回避が困難な場合、最大舵角による旋回径でUターン  
 して避航する場合と、機関を反転して船体を停止させる  
 ことにより避航する場合を考慮している。また、避航動 \*

- 自船 $(i)$ の全長： $L_{(i)}$  (m)
- 自船の速度： $V_{(i)}$  (m/秒)
- 他船が針路を横切る時間： $T_{y(i)}$  (秒)
- 最大舵角90度旋回時間： $T_{90(i)}$  (秒)
- $T_y$ と $T_{90(i)}$ の中で大きい方の値： $T_{y90(i)}$  (秒)
- $T_{y90(i)}$ 時間の進出距離： $D_{y90(i)} = T_{y90(i)} \cdot V_{(i)}$  (m)
- 最大舵角旋回横距： $D_{T(i)}$  (m)
- 船体視野限界域（船首船尾方向： $I_{a(i)}$ 、 $I_{b(i)}$ 、船側方向： $I_{b(i)}$ ）(m)
- 限界領域（船首船尾方向： $D_{sa(i)}$ 、 $D_{sb(i)}$ 、船側方向： $D_{sb(i)}$ ）(m)
- 注意領域（船首船尾方向： $D_{la(i)}$ 、 $D_{lb(i)}$ 、船側方向： $D_{lb(i)}$ ）(m)
- 目標領域（船首船尾方向： $D_{sa(i)}$ 、 $D_{sb(i)}$ 、船側方向： $D_{sb(i)}$ ）(m)
- 余裕領域（船首船尾方向： $D_{ma(i)}$ 、 $D_{mb(i)}$ 、船側方向： $D_{mb(i)}$ ）(m)

とする。

【0032】例えば、各航過領域の長径：（船首・船  
 尾）、短径：船側方向の重み付の値は、

① 限界領域

② 目標領域

$$D_{sa(i)} = D_{y90(i)} \quad (D_{sa(i)} \quad D_{y90(i)} / 2)$$

$$D_{sb(i)} = D_{T(i)} \quad (D_{sb(i)} \quad D_{T(i)} / 2) \quad (1)$$

$$D_{sb(i)} = D_{y90(i)} \cdot V_{(i)} / 2 \quad (D_{sb(i)} \quad D_{y90(i)} / 4)$$

なお、上式で（ $2 \times$  限界領域  $>$  目標領域）の条件下では、

$$D_{sa(i)} = 2 \cdot D_{sa(i)} \quad (D_{sa(i)} \quad D_{y90(i)} / 2)$$

$$D_{sb(i)} = 2 \cdot D_{sb(i)} \quad (D_{sb(i)} \quad D_{T(i)} / 2) \quad (1)$$

$$D_{sb(i)} = 2 \cdot D_{sb(i)} \quad (D_{sb(i)} \quad D_{y90(i)} / 4)$$

③ 注意領域

$$D_{la(i)} = D_{sa(i)} / 2$$

$$D_{lb(i)} = D_{sb(i)} / 2 \quad (2)$$

$$D_{lb(i)} = D_{sb(i)} / 2$$

④ 余裕領域

余裕領域を広くとる場合は、

$$D_{ma(i)} = 3 \cdot D_{sa(i)} - 2 \cdot D_{la(i)}$$

$$D_{mb(i)} = 3 \cdot D_{sb(i)} - 2 \cdot D_{lb(i)} \quad (3)$$

$$D_{mb(i)} = 3 \cdot D_{sb(i)} - 2 \cdot D_{lb(i)}$$

また、余裕領域を狭く：（ $D_{sa(i)} - D_{la(i)}$ ）とる場合は、

\* 作の判断目標は安全な航過距離の確保にある。

【0029】従って、個々の船の航過時の危険性を判断  
 する要素としては、見合関係の相手船が自船側の針路を  
 横切る所要時間： $T_{y(i)}$ と自船が90度旋回する所要時  
 間： $T_{90}$ 中に自船が直進する距離を船首方向の最接近距  
 離の目標値： $D_{sa(i)}$ 、 $D_{sa(i)} \cdot 2 / 3$ を船尾方向の最接  
 近距離の目標値： $D_{sb(i)}$ 、最大舵角時の旋回径を船側方  
 向の最接近距離の目標値： $D_{sb(i)}$ とする。

【0030】〔航過領域のモデル化〕さらに、図9で示  
 すように、各船は安全に航過するために、他船が航過す  
 る時の目標最接近距離の範囲として、他船の侵害を避け  
 る限界航過領域と、目標の航過領域と、他船の侵害を避  
 ける排他的領域の外側の十分余裕のある余裕航過距離を  
 形成している。以下、航過領域のモデル化を行う。

【0031】なお、変数は、

$$D_{sa(i)} = 1.5 \cdot L_{(i)} \text{ と } I_{a(i)} \text{ の中で大きい方の値}$$

$$D_{sb(i)} = L_{(i)} \text{ と } I_{b(i)} \text{ の中で大きい方の値}$$

$$D_{sb(i)} = 1.5 \cdot L_{(i)} \text{ と } I_{a(i)} \text{ の中で大きい方の値}$$

$$D_{d(0)} = 2 \cdot D_{d(0)} - D_{d(0)}$$

$$D_{d(0)} = 2 \cdot D_{d(0)} - D_{d(0)}$$

$$D_{d(0)} = 2 \cdot D_{d(0)} - D_{d(0)}$$

( 3 )

である。

【 0 0 3 3 】さらに、図 9 の見合関係において、他船の  
相対針路が自船針路と交差する角度： $\theta_0$ 、他船針路

$$D_{P(0)} = \{ ( D_{d(0)} \cdot \text{COS } \theta_0 )^2 + ( D_{d(0)} \cdot \text{SIN } \theta_0 )^2 \}^{1/2} \text{ ( 船首部 )}$$

$$D_{P(0)} = \{ ( D_{d(0)} \cdot \text{COS } \theta_0 )^2 + ( D_{d(0)} \cdot \text{SIN } \theta_0 )^2 \}^{1/2} \text{ ( 船尾部 )}$$

\* と相対針路との交差する角度： $\theta_0$ 、航過時の最接近  
距離： $d$  の見合状況における目標領域の接線距離： $D$   
\*  $P(0)$  は、

である。

【 0 0 3 4 】また、自船の限界領域接線距離：  
 $D_{P(0)}$ 、注意領域接線距離  $D_{PL(0)}$ 、余裕領域接線距  
離： $D_{PM(0)}$ 、他船の  $\theta_0$  に対する目標領域接線距  
離： $D_{P(0)}$ 、限界領域接線距離： $D_{PL(0)}$ 、注意領域接  
線距離： $D_{PL(0)}$ 、余裕領域接線距離： $D_{PM(0)}$  とす  
る。自船と他船の相対関係によってできる相対航過領域

$$D_R = \{ ( D_{P(0)}^2 + D_{P(0)}^2 ) / 2 \}^{1/2}$$

$$D_{RL} = \{ ( D_{PL(0)}^2 + D_{PL(0)}^2 ) / 2 \}^{1/2}$$

$$D_{RM} = \{ ( D_{PM(0)}^2 + D_{PM(0)}^2 ) / 2 \}^{1/2}$$

の目標領域接線距離： $D_R$ 、限界領域接線距離： $D_{RL}$ 、  
注意領域接線距離： $D_{RL}$ 、余裕領域接線距離： $D_{RM}$  とす  
る。

【 0 0 3 5 】従って、自船（全長： $L_0$ ）と他船（全  
長： $L_T$ ）の大きさや速度、針路等の見合状態を考慮す  
ると総合的な相対航過距離閉塞領域は、

である。

【 0 0 3 6 】また、航過領域の大きさは、自船（全長：  
 $L_0$ ）と他船（全長  $L_T$ ）による総合的な船の大きさ  
（相対船長： $L = ( L_0^2 + L_T^2 ) / 2$ ）<sup>21</sup>と速力、  
旋回径で近似する。

ii) 閉塞度算出のアルゴリズム

他船との危険状態を評価する評価指標に適用している閉  
塞度の算出アルゴリズムについて説明する。

【 0 0 3 7 】海上交通を統計的に解析すると、自船の周  
りには他船を近づけない楕円形状（船首方向： $D_{d(0)}$ 、  
船尾方向  $D_{d(0)}$ 、船側方向： $D_{d(0)}$ ）をした閉塞海域が  
認められる。例えば、船首・船側方向の航跡密度分布の

① 自船と他船の固有航過領域を用いた場合は、

$$D_R = \{ ( D_{P(0)}^2 + D_{P(0)}^2 ) / 2 \}^{1/2} \text{ ( 5 )}$$

② 相対船長： $L$  の船の航過領域を用いた場合は、

$$D_R = \{ ( D_{d(0)} \cdot \text{COS } \theta_0 )^2 + ( D_{d(0)} \cdot \text{SIN } \theta_0 )^2 \}^{1/2} \text{ ( 船首部 )}$$

$$D_R = \{ ( D_{d(0)} \cdot \text{COS } \theta_0 )^2 + ( D_{d(0)} \cdot \text{SIN } \theta_0 )^2 \}^{1/2} \text{ ( 船尾部 )}$$

となる。また、注意領域： $D_{RL} = D_R / 2$ 、余裕領域：  
 $D_{RM} = 2 \cdot D_R$  である。

【 0 0 3 9 】従って、操船者の航過距離に関する主観的  
危険度合は他船を避ける累積頻度の閉塞度に対応してい  
るものと定義する。なお、 $V_0$ ：自船の速度、  
 $V_T$ ：他船の速度、見合状態の相対針路と自船針路と  
の交差する角度： $\theta_0$ 、相対針路と相手船針路との交  
差角度： $\theta_0$ 、目標領域の接線距離： $D_R$  である。

$$B_D = 1$$

$$B_D = ( D_{RM} - d ) / ( D_{RM} - D_{RL} )$$

$$B_D = 0$$

観測値は図 1 0 ( a ) ( b ) に実線で示してある。

【 0 0 3 8 】この図から、避航時の操船者は、楕円形状  
をした避航航跡隻数分布の平均値（長径： $D_{d(0)}$ 、短  
径： $D_{d(0)}$ ）の近傍の航過距離に目標針路を採っている  
ことが分かる。そして航過領域は、平均値の約 1 / 2 倍  
（下限値）から約 2 倍（上限値）に分布している。さら  
に、図 1 1 で、他船の相対針路が自船針路と交差する角  
度： $\theta_0$ 、自船の相対針路と他船針路と交差する角  
度： $\theta_0$ 、航過までの時間： $t$ 、航過時の最接近距  
離： $d$  の見合状況における航過領域の平均的最接近距  
離： $D_R$  は、

40 【 0 0 4 0 】次に、現在針路の最接近距離： $d$  に関する  
閉塞度は、注意領域の最接近距離： $D_{RL}$ と、余裕領域の  
最接近距離： $D_{RM}$ を用いて、以下のように定義する。な  
お、それぞれの航過領域の長径・短径方向の注意値・余  
裕値・目標値は、自動または手動で任意に設定する。即  
ち、航過点における最接近距離の閉塞度： $B_D$ は、 $d$  が  
 $D_{RM}$ より小さいとした条件の時、

$$d < D_{RL}$$

$$D_{RL} \leq d \leq D_{RM} \text{ ( 7 )}$$

$$D_{RM} < d$$

とする。例えば、航過距離に対する閉塞度値は図 - 9 ( a ) の点線で示される。

【 0 0 4 1 】さらに、図 1 2 は避航開始時における時間的余裕を示す最接近時間の観測値 ( 実線 ) と避航開始時の時間的余裕に関する主観的危険度の閉塞度を点線で示している。なお、 $T$  は自船の速度 :  $V_0$  における避航開始時の時間的余裕の目標値で、速度 :  $V_0$  における

$$T_L = T / 2, \quad T_U = 2 \cdot T$$

である。以下、これらの時間領域を最接近時間閉塞領域と言う。すなわち、最接近時間 :  $t$  における最接近時間

$$B_T = 1 \\ B_T = ( T_U - t ) / ( T_U - T_L ) \\ B_T = 0$$

となる。

【 0 0 4 3 】そして、航行時の危険性を表わす総合閉塞

$$B_I = B_D \cdot B_T \cdot 100 \%$$

$$B_I = B_D^2 \cdot B_T^2 \cdot 100 \%$$

$$B_I = B_D^3 \cdot B_T^3 \cdot 100 \%$$

例えば、図 1 3 ( a ) ( b ) は 1 2 k n t で航行中の自船に対する総合閉塞度指数を他船速度が 8 k n t、1 4 k n t の場合について示している。そして前記図 7 は閉塞度を用いた航行危険海域の表示例を自船側から見た閉塞海域と他船側から見た閉塞海域の場合について示している。

【 0 0 4 4 】航行環境情報の表示方式

本装置では、安全な航過距離を確保するために必要な航過領域と最接近時間余裕に関する閉塞海域の情報を表示する。

1 ) 閉塞度の等高線表示

閉塞度の等高線表示は、船の旋回運動を考慮して、海域の閉塞度をシミュレーションで解析して、閉塞度値の等高線図を等高線レベル毎に色を換えて表示する。また、自船の閉塞度値が等高線表示レベルを超えた場合は、上位の等高線レベル値で色を換えて表示する。さらに、自船の閉塞度値が限界領域の等高線表示レベルを超えた場合は、最接近限界領域の閉塞海域を表示する。

【 0 0 4 5 】以下、航過距離と最接近時間に係わる閉塞度値の等高線図で表示される閉塞海域と閉塞海域のシンボル表示で示される表示領域を予測閉塞領域 (  $P A B : P_{reduced} A_{res} o f B_{looking}$  ) と定義する。な

お、等高線レベルの閉塞度値は任意に設定することができる。また、単一色で表示する場合は、等高線表示レベルは任意の一つ定める。また、この閉塞領域情報の表示範囲は任意に設定する。

2 ) 等高線図のシンボル表示

閉塞海域の等高線図をシンプルに多角形で表示する。

【 0 0 4 6 】例えば、図 1 4 のように多角形の点は、他船の長径方向、船側方向に対する等閉塞度値の地点、及び自船の衝突針路上の閉塞海域の閉塞度値の等しい点を直線で表示する。なお、他船の長径方向、船側方向に

\* 停止時間と操船者の判断と避航動作の遅れ時間または、他船が自船の航路を横切る時間を考慮して任意に設定する。

【 0 0 4 2 】さらに、避航開始時の時間的余裕が無い注意を要する最接近限界時間 :  $T_L$  と、時間的余裕が十分ある最接近余裕時間 :  $T_U$  である。

$$( t_L \quad T / 2 )$$

閉塞度 :  $B_T$  は、 $t \quad T_U$  とした条件下で、

$$t < T_L$$

$$T_L \quad t \quad T_U \quad ( 8 )$$

$$T_U < t$$

度の指数 :  $B_I$  は、式 - 4 に定義する。

$$( 4 )$$

$$( 4 )$$

$$( 4 )$$

する等閉塞度値の地点については、楕円形表示、多角形表示も含む。また、自船の閉塞度値が等高線レベルを超えた場合は、等高線図表示と同様に上位の等高線レベル値を色を換えて表示する。

【 0 0 4 7 】さらに、相対航過距離閉塞領域と最接近余裕時間の値を任意に設定して、予測閉塞領域を表示する場合、次の方式で予測閉塞領域をモデル化する。たとえば、図 1 5 において自船の位置 :  $O$ 、他船の位置 :  $T$ 、自船の速度 :  $V_0$ 、他船の速度 :  $V_T$ 、相対速度 :  $V_C$ 、自船が針路を左右に採った場合において、自船と他船の相対ベクトルが相対航過距離閉塞領域と接する時の自船の針路上の左右航路の最接近航過地点、 $A_L$ 、 $A_R$ 、衝突地点までの最接近余裕時間 :  $T_P$  を確保する為に必要な衝突針路上の任意の最接近時間閉塞地点 :  $P_0$ 、衝突地点 :  $P_C$  とする。

【 0 0 4 8 】予測閉塞領域は、他船の長径方向・船側方向に対する補遺束領域、及び最接近航過地点 :  $A_L$ 、 $A_R$  と最接近時間閉塞地点 :  $C_L - P_0 - C_R$  を結ぶ領域で示される。たとえば、シンボル表示は、

① (  $A_L - P_0 - A_R - P_0$  ) 点を通る直線で表示する。

② (  $A_L - P_0 - A_R - C_L - P_0 - C_R$  ) 点を通る直線で表示する。

③①又は②のシンボル表示と、他船の長径方向・船側の方向に対する予測閉塞領域を表示する。

【 0 0 4 9 】なお、衝突地点までの最接近余裕時間 :  $T_P$  は、海域の船舶の輻輳状況や航行状況によって任意に設定できる。また、自動的に接近する場合には、海域の船舶の輻輳状況や航行状況を判断して、最接近時間閉塞領域の最接近余裕時間 :  $T_U$ 、目標領域の最接近時間 :  $T$ 、最接近限界時間 :  $T_L$ 、相対航過閉塞領域の船首方向の余裕領域、目標領域、限界領域までの距離を確保す



るために必要な最接近時間の中から選択する。

### 3) 閉塞海域の閉塞度の3次元表示

ARPAから離れた場所で、見張り情報を受けた場合、危険船の所在の認識情報を入手することができれば、見張り作業の軽減に有効である。

【0050】従って、ここでは、閉塞海域の閉塞度の値を3次元軸上に表示して、視覚情報の伝達を改善する。また、表示色は、閉塞度に対応した色は任意に設定して表示する。さらに、閉塞海域の等高線図から3次元表示への画面切替は、現在の航行状態の閉塞度が0%で十分余裕があって、潜在閉塞度が1%以上の場合に、自動的に3次元表示画面に切り変る、また、手動選択も可能である。例えば、図16に閉塞海域の閉塞度の3次元表示画面を示す。

### 【0051】4) 警報目標に対する真ベクトルと相対ベクトルの同時表示

現在のARPAは、真ベクトルか相対ベクトルの一方を選択表示することに成っているが、情報の判断負担を軽減する上では同時に表示する方式が有効である。従って、警報発生の対象となった目標については、自動的に真ベクトルと相対ベクトルを色分けか、または実線と鎖線で分けて表示する。

【0052】また、任意の指定目標に対しても、真ベクトルと相対ベクトルを同時表示する。例えば、図17に表示例を示す。

### 5) 針路上潜在閉塞度変化状況の表示

操船者が避航開始時の時間的・距離的余裕を判断する場合、最接近時間軸と衝突地点までの進出距離軸上の潜在的危険性(閉塞度)の変化状況を知ることは有効である。

【0053】潜在的閉塞度の値は、最接近時間軸と最接近時間に対応した衝突地点までの進出距離軸上にグラフで表示する。例えば、図18に表示例を示す。

### 6) 旋回針路上の潜在閉塞度の表示

操船の判断をする場合、旋回動作で生じる針路上の潜在的危険の最大値を知ることは、避航針路の判断を行う上で有効である。

【0054】旋回針路上の潜在閉塞度をシミュレーションで解析して、各針路上の衝突針路と潜在閉塞度の最大値を旋回針路角の軸上に表示する。例えば、図19に表示例を示す。

### 7) 旋回針路上の最接近距離の表示

さらに、潜在閉塞度の最大値に対応した最接近距離を旋回針路角の軸上に表示して、旋回針路上の最接近距離の値の情報を提供する。

【0055】例えば、図20に表示例を示す。もちろん、この発明は、以上の例によって限定されるものではないし装置構成の細部については様々な態様が可能である。

【0056】

【発明の効果】輻輳海域や狭視界域を航行する場合、レーダは航行海域情報を収集する重要な情報源になっている、現在では、これらのレーダ情報を操船者の視覚機能と聴覚機能で認識している。しかし、現在の聴覚機能を対象としたブザー音を用いた指示方式では、多忙な操船者に、警報の指示内容を確実に伝達できない。また、レーダ両面上のベクトル情報からは、避航判断に必要な危険海域と安全な海域の情報を瞬時に把握できない為、操船者の負担を軽減することは困難である。この発明の音声合成警報指示装置は、人間による見張り報告の自然言語と同様な語彙で、警報の内容を音声指示するため、警報の種類や警報指示対象船舶の位置・状態の把握が容易になる。

【0057】さらに、警報の音声指示と並行して、危険性の高い船舶と接近する航路近傍の自船側から見た閉塞海域と、他船側から見た閉塞海域、及び捕捉欠落船の位置、指示内容の文字出力等の画像による視覚情報をCRTディスプレイ上に表示しているため、航行環境状態の把握が容易となり、船舶衝突予防装置の支援情報として有効であり、普及の可能性は高い。

【0058】すなわち、この発明では、音声指示より、他の視覚情報を必要な時にタイミング良く参照することができるので、操船者の負担軽減が可能で、画像情報を効果的に利用することができる。たとえば、航行環境情報を合成音声指示で受けた操船者は、指示内容を考慮して、操船者がすでに認知していて緊急性がないと判断している情報の場合には航行状態を予測して現在進行中の作業を継続し、また、認知していない場合には、現在の作業を中断して他船との見合状態の確認を行なう等、画像情報の収集を常時行なうのではなく、必要な時に効果的なタイミングで行なう等の臨機応変な情報の取捨選択が可能とする。

【0059】以上の点からこの発明は、運行船舶の衝突事故防止の低減と、見張り作業時の操船者負担を軽減する支援装置として有効なものである。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の装置の構成を示したシステムブロック図である。

【図2】この発明の装置における音声単語のリスト例図である。

【図3】この発明における位置表現モデル図である。

【図4】この発明における見合い状態モデル図である。

【図5】この発明の装置におけるレーダ・データの出力側図である。

【図6】この発明における音声語彙リストの文字表示図である。

【図7】航行危険海域の表示例図である。

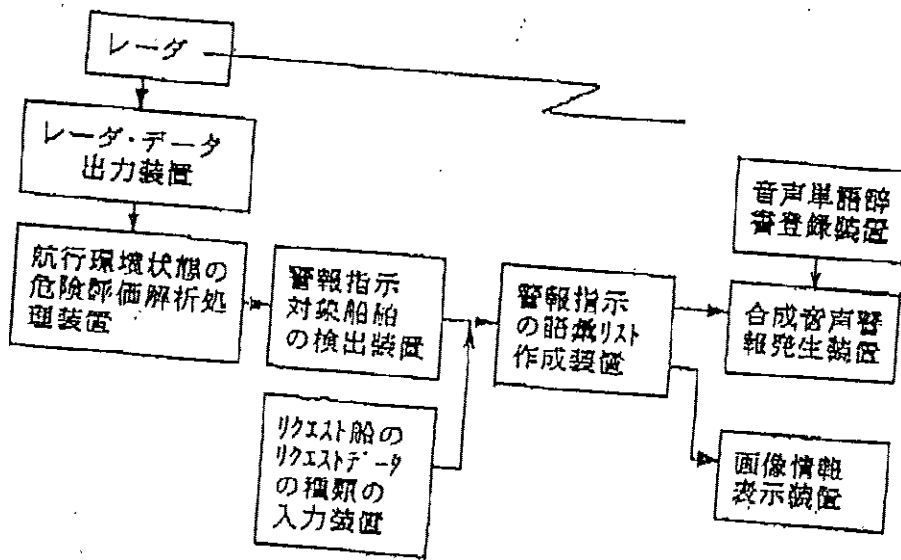
【図8】船の制動停止特性図である。

【図9】船舶固有の最接近目標領域と閉塞度のモデル化図である。

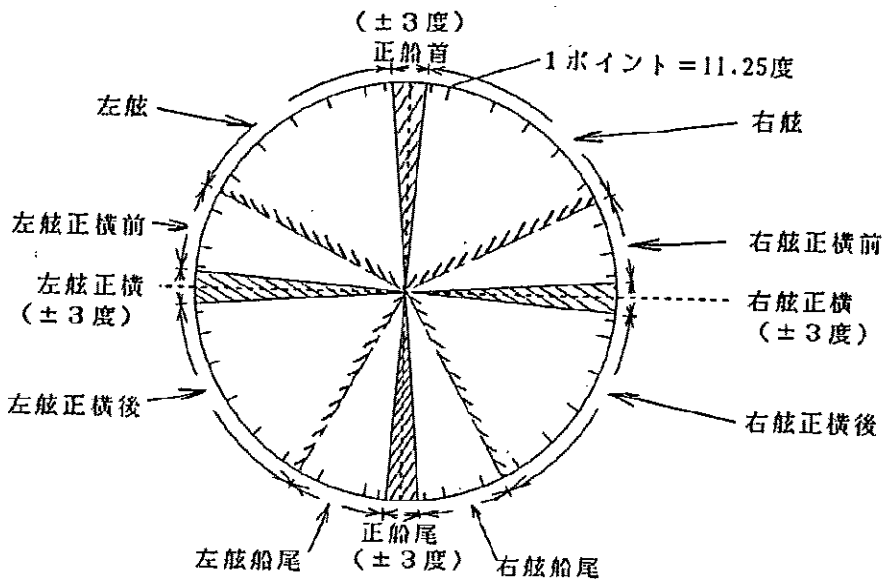
- 【図10】(a)(b)は、最接近距離の閉塞度指標図である。
- 【図11】相対針路交差状況図である。
- 【図12】最接近時間の閉塞度指標図である。
- 【図13】(a)(b)は、総合閉塞度指標図である。
- 【図14】等閉塞度海域のシンボル表示図である。
- 【図15】予想閉塞領域のモデル図である。
- 【図16】閉塞海域の閉塞度値の3次元表示図である。
- 【図17】警報指示船の真・相対ベクトル表示図である。

- 【図18】針路上の潜在閉塞度変化状況の表示図である。
- 【図19】旋回針路上の潜在閉塞度の表示図である。(a)：直交座標表示、(b)：円形座標表示
- 【図20】旋回針路上の最接近距離の予測値表示図である。(a)：直交座標表示、(b)：円形座標表示

【図1】



【図3】



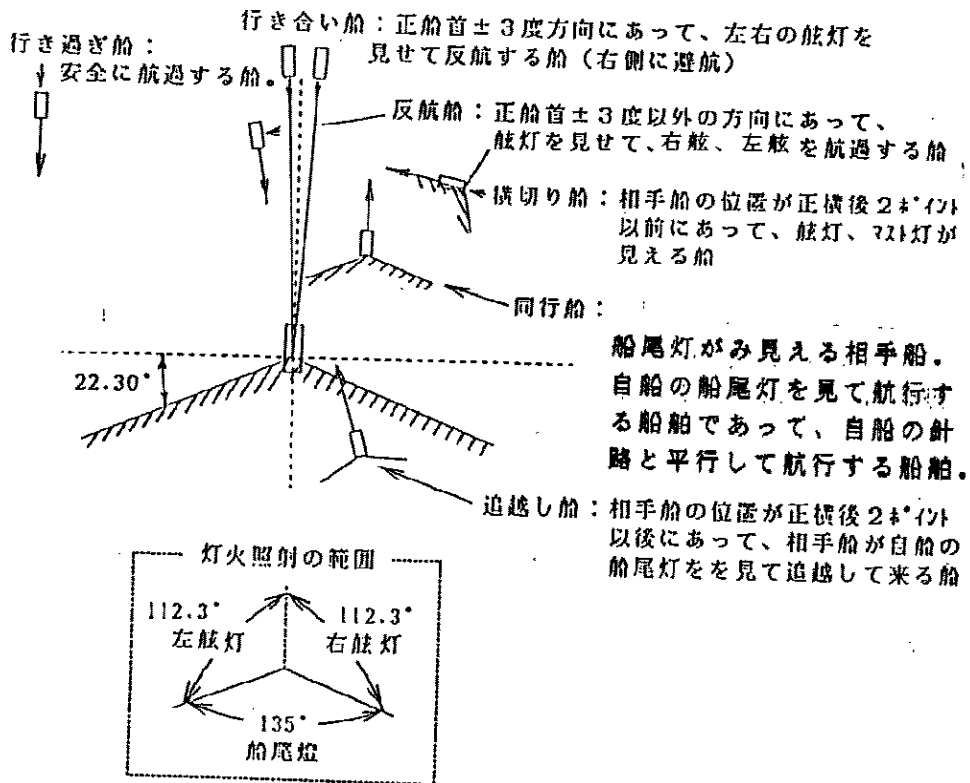
【図2】

|   |          |                  |       |      |
|---|----------|------------------|-------|------|
| <b>警報の種類</b>  |          |                  |       |      |
| 要見張り船   |          | 注意船              |       | 危険船  |
| 危険船の針路変化状態  |          | 避航動作による航過距離の変化状態 |       |      |
| 捕捉欠落船   |          | 安全な避航針路          |       |      |
| <b>位置表現</b>   |          |                  |       |      |
| 正船首   | 右舷       | 右舷正横前            | 右舷正横後 | 右舷船尾 |
| 船尾  | 左舷       | 左舷正横前            | 左舷正横後 | 左舷船尾 |
| <b>方位表現</b>   |          |                  |       |      |
| 方位表現の単位は、1度単位で指示を行なうか、または、11.25度を1ポイントとして、0.5741度毎に指示を行なうための音声単語。   |          |                  |       |      |
| <b>相対距離表現</b>   |          |                  |       |      |
| 177m以下では、1カブタ(177m/10)毎に指示を行なうか、また、177m以上から577m以下については、0.577m毎に指示を行なう。さらに677m以上については、177m毎に指示を行なうための音声単語。 |          |                  |       |      |
| <b>航過距離と船首横切り距離</b>   |          |                  |       |      |
| 航過距離と船首横切り距離については、1カブタ(177m/10)、または50m毎の単位で指示を行なうための音声単語。   |          |                  |       |      |
| <b>最接近時間</b>  |          |                  |       |      |
| 1分を単位として、指示を行なうための音声単語。   |          |                  |       |      |
| <b>見合状態</b>   |          |                  |       |      |
| 行き合い船   | 追い越し船    | 横切り船             | 反航船   | 同航船  |
| <b>速度状態</b>   |          |                  |       |      |
| 停留船   | 低速船      | 高速船              |       |      |
| <b>注意の喚起</b>  |          |                  |       |      |
| 注意<br>注意して下さい。<br>危険です。   |          |                  |       |      |
| <b>航過状態及びその他の表現</b>   |          |                  |       |      |
| ベアリング面  | ベアリング・トモ | クロスします。          |       |      |
| 避航コース面  | 避航コース・トモ | ベアリング            |       |      |
| 右舷開始  | 左舷開始     |                  |       |      |
| D C P A   | B C R    | T C P A          |       |      |
| の   | に        | が                |       |      |
| 航路保持船   | 避航義務船    | 安全な針路は           |       |      |
| は   | 有ります     | 有りません            |       |      |
| 方位  | 距離       | 方位変化             |       |      |
| ベアリング   | 航過距離     | 隻                |       |      |

【図6】

- 1) 捕捉欠落船  
ロスト ターゲット ハッセイ 3ポイント 3マイル ノ ヨコギリセン
- 2) 要見張り船  
サゲン 4ポイント 2マイル ニ ヨコギリセン  
サゲン 2ポイント 2マイル ニ ヨコギリセン 2ハイ
- 3) 危険船  
ウゲン・セイオウゴ 3ポイント 2マイル ノ ヨコギリセン ニ チュウイ
- 4) 見張り船の状態変化  
ウゲン 4ポイント 3マイル ノ ヨコギリセン ベアリング トモニカワル  
ウゲン 4ポイント 2マイル ノ ドウコウセン ベアリング オモチニカワル

【図4】



【図5】

Date: 90/02/05  
Time: 15:17:48

[Own Data] -----  
Speed: 17.5 (knt)  
Course: 270 (deg)

[Target Data] -----

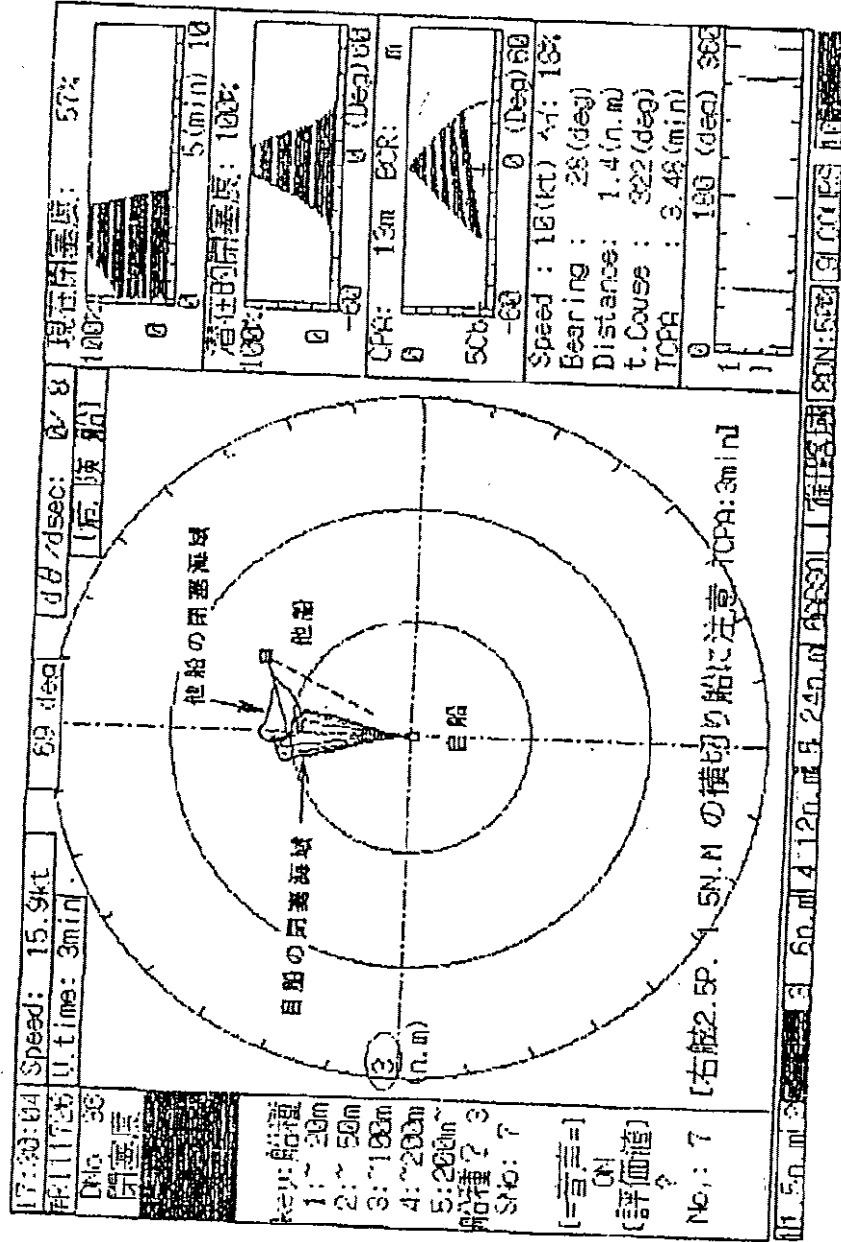
| No. | Distance (n.m) | Bearing (deg) | Speed (knt) | Course (deg) | DCP (n.m) | TCPA (min) | ターゲット・フラッグ F1 | F2 | F3 |
|-----|----------------|---------------|-------------|--------------|-----------|------------|---------------|----|----|
| 1   | 5.1            | 333           | 16.5        | 50           | 5.1       | 0.9        | 3             | 1  | 0  |
| 2   | 3.8            | 230           | 11.9        | 161          | 3.7       | 3.2        | 3             | 1  | 0  |
| 3   | 5.2            | 278           | 9.9         | 19           | 3.4       | 13.2       | 3             | 1  | 0  |
| 4   | 5.2            | 269           | 4.3         | 31           | 1.1       | 19.3       | 3             | 1  | 0  |
| 5   | 3.7            | 202           | 11.6        | 147          | 3.7       | -0.9       | 3             | 1  | 0  |
| 6   | 8.8            | 264           | 18.1        | 46           | 3.1       | 17.2       | 3             | 1  | 0  |
| 7   | 5.7            | 259           | 12.0        | 0            | 3.1       | 16.4       | 3             | 1  | 0  |

[Alarm Data] -----  
AF1 = 0, AF2 = 0, AF3 = 0, AF4 = 0, AF5 = 0

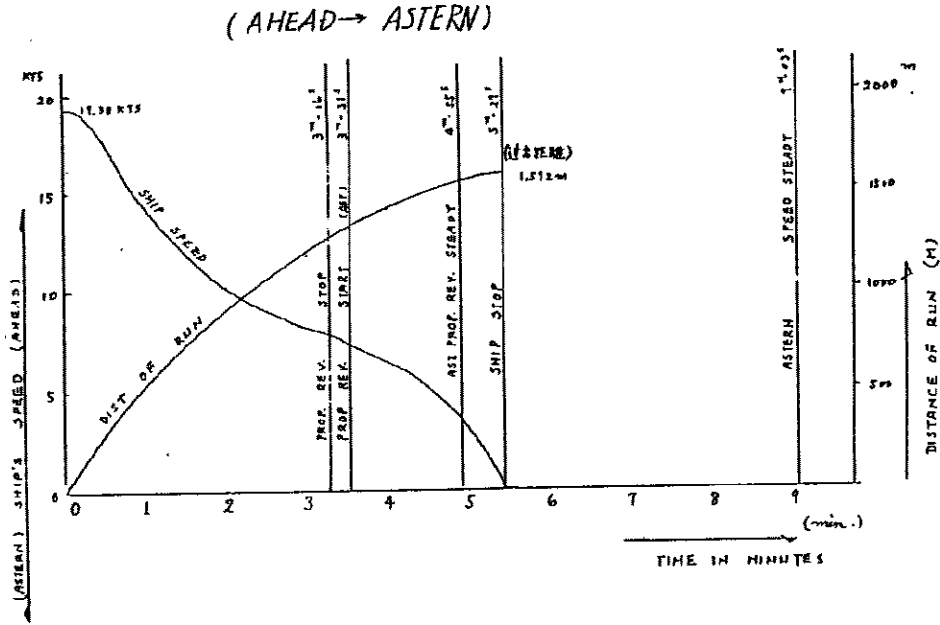
[ターゲット・フラッグの内容] -----  
F1: 目標捕捉状態 (0: ノトラッキング 1: 初期捕捉目標 3: ベクトル表示目標)  
F2: 目標シンボル (0: ノトラッキング or 初期捕捉 1: 安全 2: 危険 3: 重危険)  
F3: ロスト (0: 捕捉目標 1: ロスト目標)

[アラームの内容] -----  
AF1: 目標 20 オバー AF2: ロスト・ターゲット AF3: ガート・リンク  
AF4: 重危険目標 AF5: 危険目標

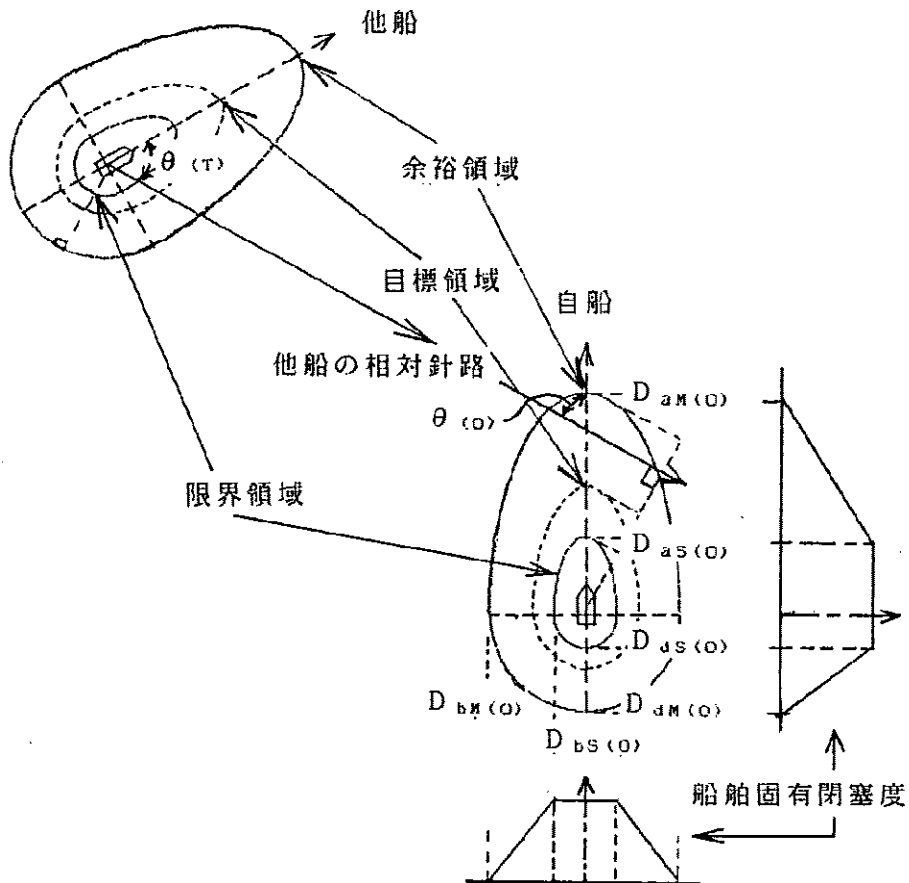
【図7】



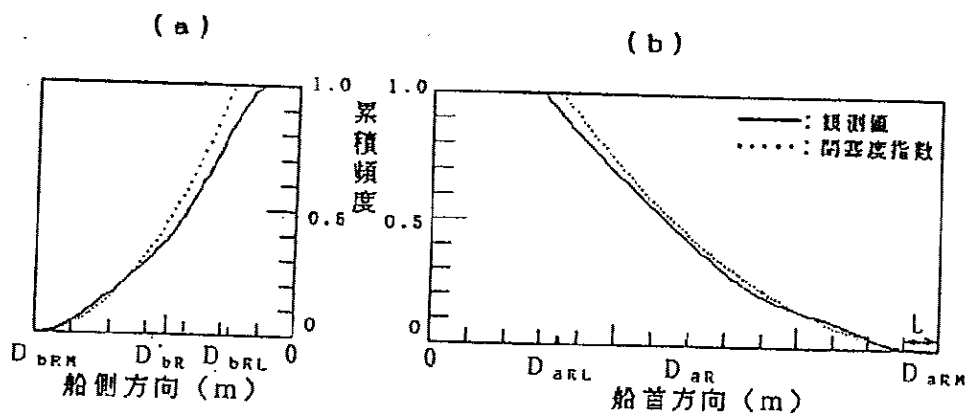
【図8】



【図9】

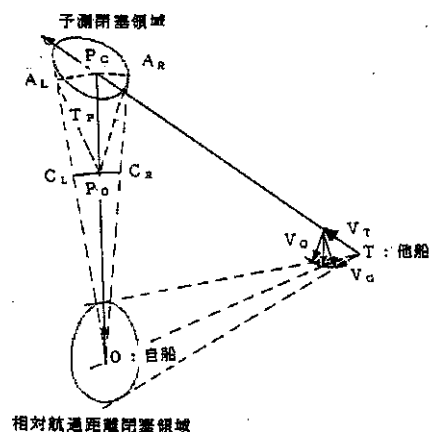
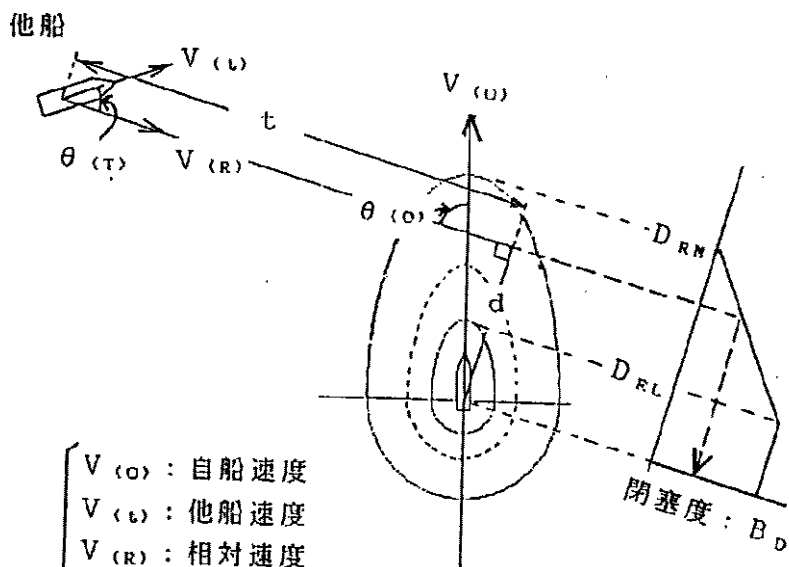


【図10】



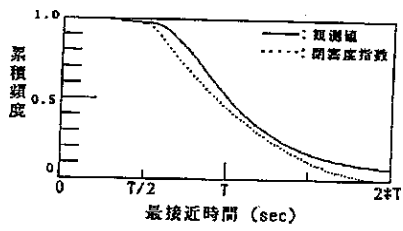
【図11】

【図15】



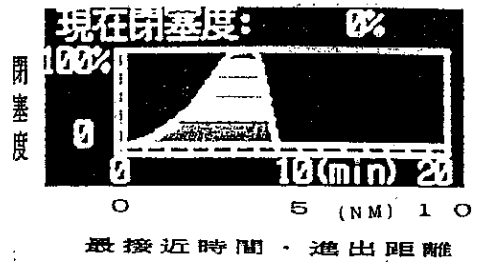
- $V(O)$  : 自船速度
- $V(L)$  : 他船速度
- $V(R)$  : 相対速度
- $d$  : 最接近距離
- $t$  : 最接近時間
- $\theta(O)$  : 自船相対針路交差角度
- $\theta(L)$  : 他船相対針路交差角度
- $D_{aR}$  : 船首方向の目標最接近距離
- $D_{bR}$  : 船側方向の目標最接近距離
- $D_{RL}$  : 注意領域の最接近距離
- $D_{RM}$  : 余裕領域の最接近距離

【圖 1 2】

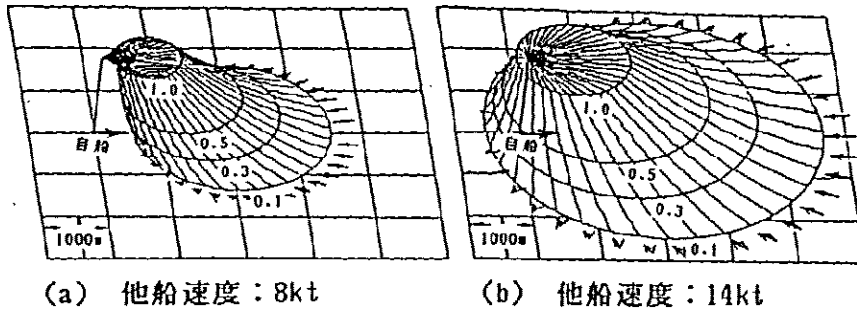


T : 速度Vにおける停止時間

【圖 1 8】



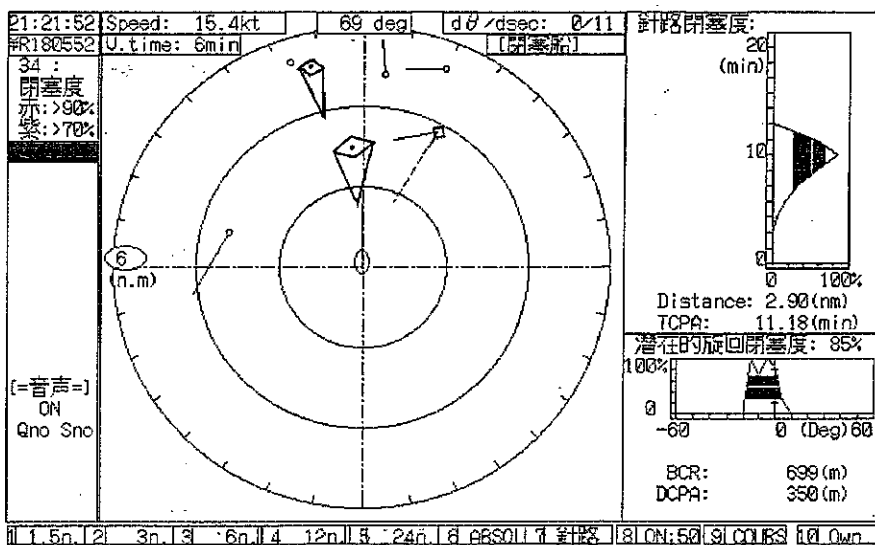
【圖 1 3】



(a) 他船速度: 8kt

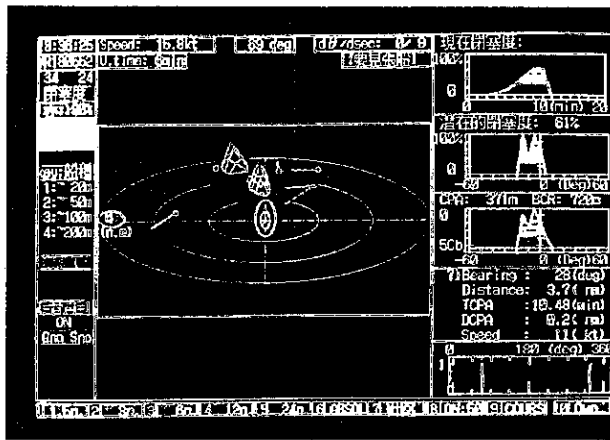
(b) 他船速度: 14kt

【圖 1 4】

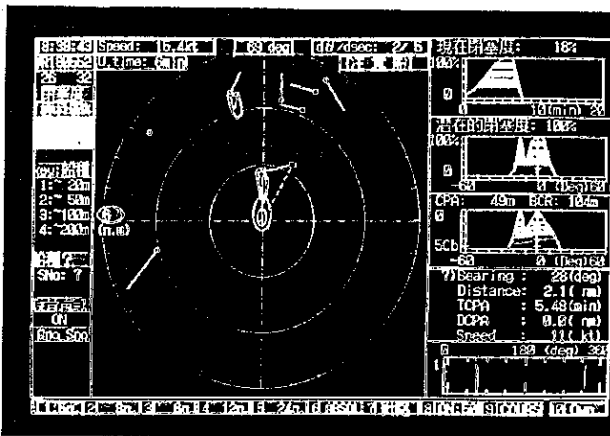




【図16】

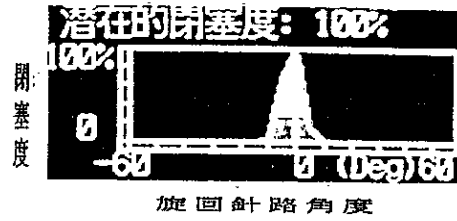


【図17】

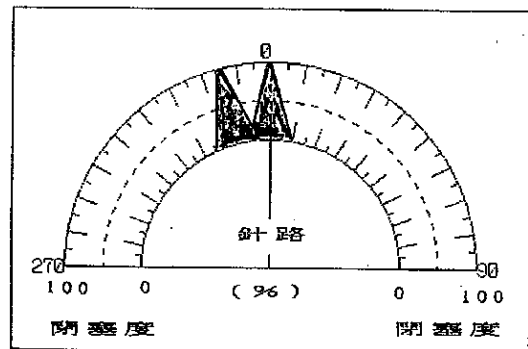


【図19】

(a) : 直交座標表示

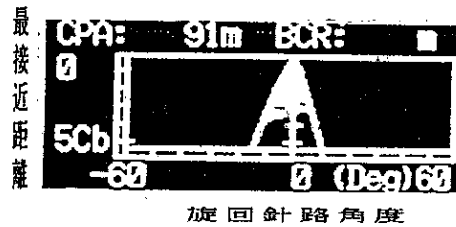


(b) : 円形座標表示

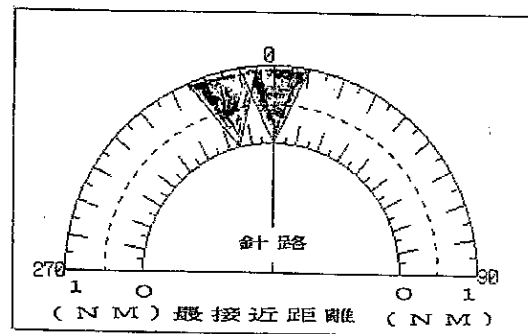


【図20】

(a) : 直交座標表示



(b) : 円形座標表示



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

G 0 8 G 3/02

識別記号

庁内整理番号

A 7531 - 3H

F I

技術表示箇所