

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-14874

(P2008-14874A)

(43) 公開日 平成20年1月24日(2008.1.24)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
 GO 1 S 13/93 (2006.01) GO 1 S 13/93 S 5 J O 7 O  
 GO 1 S 13/72 (2006.01) GO 1 S 13/72

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-188301 (P2006-188301)  
 (22) 出願日 平成18年7月7日(2006.7.7)

(71) 出願人 000166247  
 古野電気株式会社  
 兵庫県西宮市芦原町9番52号  
 (74) 代理人 100084548  
 弁理士 小森 久夫  
 (74) 代理人 100123940  
 弁理士 村上 辰一  
 (72) 発明者 柳 勝幸  
 兵庫県西宮市芦原町9番52号  
 古野電気株式会社内  
 Fターム(参考) 5J070 AA14 AB01 AC01 AC02 AC11  
 AF05 AH14 AK04 AK22 AK25  
 BB13 BD10 BG01

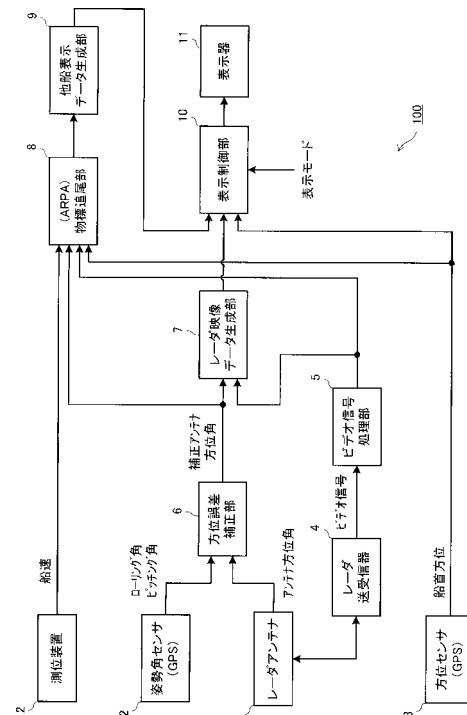
(54) 【発明の名称】 船舶用レーダ

(57) 【要約】

【課題】 搭載される船舶の動揺に応じて変化するレーダアンテナの姿勢変化に起因するアンテナ方位角の誤差による問題を解消して、小型船舶に搭載する場合でも物標の探知精度および追尾精度を確保する。

【解決手段】 姿勢角センサ2は船体のローリング角およびピッチング角をそれぞれ検出し、方位誤差補正部6は船体の進行方向である船首尾方向に平行で且つ正横方向に平行な船体基準面内でのビームの指向方向であるアンテナ方位角と姿勢角(ローリング角, ピッチング角)とに基づいて、アンテナの方位角を水平面に投影した角度を補正アンテナ方位角として求める。レーダ映像データ生成部7および物標追尾部8では、この補正後のアンテナ方位角を用いて処理を行う。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

船体の進行方向である船首尾方向に平行で且つ正横方向に平行な船体基準面内でビームの指向方向が旋回するアンテナを利用するレーダであって、前記アンテナからパルス状電波を一定周期で繰り返し送信するとともに、前記アンテナで前記パルス状電波の物標での反射波である受信信号を受信する送受信手段と、前記受信信号によって物標までの距離を検知する距離検知手段と、を備えた船舶用レーダにおいて、

水平面に対する前記船体基準面の姿勢角を検出する船体姿勢角検知手段と、

前記船体基準面内での前記ビームの指向方向であるアンテナ方位角と前記姿勢角とに基づいて前記アンテナ方位角を水平面に投影した角度を補正アンテナ方位角として求める補正アンテナ方位角検知手段と、を設けた船舶用レーダ。

10

## 【請求項 2】

前記船体姿勢角検知手段は、前記船体のローリング角またはピッチング角を検知し、前記補正アンテナ方位角検知手段は、前記ローリング角または前記ピッチング角と前記アンテナ方位角とを変数とする関数の演算により前記補正アンテナ方位角を求めるものである請求項 1 に記載の船舶用レーダ。

## 【請求項 3】

前記船体姿勢角検知手段は、前記船体のローリング角およびピッチング角を個別に検知し、前記補正アンテナ方位角検知手段は、前記ローリング角、前記ピッチング角、および前記アンテナ方位角を変数とする関数の演算により前記補正アンテナ方位角を求めるものである請求項 1 に記載の船舶用レーダ。

20

## 【請求項 4】

前記補正アンテナ方位角検知手段は、前記ローリング角またはピッチング角が所定のしきい値を超えるとときに、前記関数の演算により前記補正アンテナ方位角を求めるものである請求項 2 または 3 に記載の船舶用レーダ。

## 【請求項 5】

前記補正アンテナ方位角検知手段により検知された補正アンテナ方位角と、前記距離検知手段により検知された物標までの距離とによって、前記水平面内での複数の物標の 2 次元位置を繰り返し検知するとともに、それらの物標の位置を追尾する物標追尾手段と、

前記補正アンテナ方位角と前記受信信号とに基づいて前記水平面内での前記物標の映像を表示するための映像データを生成する映像データ生成手段と、

30

前記物標追尾手段により追尾されている物標の位置を表すマークの表示データを生成するマーク表示データ生成手段と、

前記映像データと前記マークの表示データとを表示する表示手段とを備えた請求項 1 ~ 4 のうちいずれか 1 項に記載の船舶用レーダ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明は、船舶用レーダに関し、特に船体が動揺している状態での物標探知時の方位角精度および物標の追尾性能を向上させた船舶用レーダに関するものである。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

船舶用として広く採用されているパルス方式のレーダは、アンテナを 2 ~ 3 秒程度で 1 回転させ、全周（全方位）の物標を探知する。また、このようなレーダを用いて他船等との衝突を予防することを目的として、自動衝突予防援助装置（ARPA）が多数の船舶に搭載されている（例えば特許文献 1，2 参照。）。

【特許文献 1】特開 2003 - 48595 号公報

【特許文献 2】特開 2003 - 337170 号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

50

## 【0003】

このような船舶用レーダは、近年にはより小型の船舶にも搭載されるようになってきている。ところが小型の船舶にレーダが搭載される場合に、以降に述べるように特有の問題が生じることを発明者は見いだした。

## 【0004】

一般に船舶用レーダのアンテナは、船体上の見通しの良い場所に固定されているため、船体と同様の姿勢をとる。そのため、風雪波浪等によって船体の姿勢が変化する（すなわち動揺する）と、それとともにアンテナの回転軸も動揺することになる。アンテナの走査面が海面（水平面）と平行である時には、アンテナ方位角が実際のアンテナの指向方向を示すことになるが、船体の姿勢変化に伴ってアンテナの走査面が海面に対して非平行になると、水平面内で実際にビームが指向している方位とアンテナ方位角との間に誤差が生じる。

10

## 【0005】

上記誤差はレーダ映像の精度を劣化させる原因となる。また、ARPAでは他船の測定位置の時間的変化から、その他船の速度および位置を推定するが、上記アンテナ方位角の誤差はそのまま他船の方位方向の測定位置の誤差として影響を受ける。特に遠方にある他船であるほど方位誤差の影響を大きく受け、他船の推定速度の誤差が大きくなる。そのため、遠方の物標について、いわゆるターゲットロスト（物標の追尾中にその物標の速度が急激に変化したように見えて、物標の追尾を中断してしまう現象）やターゲット乗り移り（物標の追尾中に、その物標に近接する他の物標の位置を誤って追尾してしまう現象）等の追尾誤りが発生しやすくなり、追尾性能が劣化するという問題があった。

20

## 【0006】

そこで、この発明の目的は、搭載される船舶の動揺に応じて変化するレーダアンテナの姿勢変化に起因するアンテナ方位角の誤差による問題を解消した船舶用レーダを提供することにある。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記課題を解決するために、この発明は次のように構成する。

（1）船体の進行方向である船首尾方向に平行で且つ正横方向に平行な船体基準面（船体座標系での基準面）内でビームの指向方向が旋回するアンテナを利用するレーダであって、前記アンテナからパルス状電波を一定周期で繰り返し送信するとともに、前記アンテナで前記パルス状電波の物標での反射波である受信信号を受信する送受信手段と、前記受信信号によって物標までの距離を検知する距離検知手段と、を備えた船舶用レーダにおいて、

30

水平面（大地）に対する前記船体基準面の姿勢角を検出する船体姿勢角検知手段と、

前記船体基準面内での前記ビームの指向方向であるアンテナ方位角と前記姿勢角とに基づいて前記アンテナ方位角を水平面に投影した角度を補正アンテナ方位角として求める補正アンテナ方位角検知手段と、を設けたことを特徴としている。

## 【0008】

（2）前記船体姿勢角検知手段は、前記船体のローリング角またはピッチング角を検知し、前記補正アンテナ方位角検知手段は、前記ローリング角または前記ピッチング角と前記アンテナ方位角とを変数とする関数の演算により前記補正アンテナ方位角を求めるものである。

40

## 【0009】

（3）前記船体姿勢角検知手段は、前記船体のローリング角およびピッチング角を個別に検知し、前記補正アンテナ方位角検知手段は、前記ローリング角、前記ピッチング角、および前記アンテナ方位角を変数とする関数の演算により前記補正アンテナ方位角を求めるものである。

## 【0010】

（4）前記補正アンテナ方位角検知手段は、前記ローリング角またはピッチング角が所

50

定のしきい値を超えるとときに、前記関数の演算により前記補正アンテナ方位角を求めるものである。

【0011】

(5) 前記補正アンテナ方位角検知手段により検知された補正アンテナ方位角と、前記距離検知手段により検知された物標までの距離とによって、前記水平面内での複数の物標の2次元位置を繰り返し検知するとともに、それらの物標の位置を追尾する物標追尾手段と、

前記補正アンテナ方位角と前記受信信号とに基づいて前記水平面内での前記物標の映像を表示するための映像データを生成する映像データ生成手段と、

前記物標追尾手段により追尾されている物標の位置を表すマークの表示データを生成するマーク表示データ生成手段と、

10

前記映像データと前記マークの表示データとを表示する表示手段とを備える。

【発明の効果】

【0012】

(1) 船体姿勢角検知手段は、水平面に対する船体基準面(船体座標系の基準面であり、アンテナ走査面である)の姿勢角を検出し、補正アンテナ方位検知手段が前記船体基準面内でのビームの指向方向であるアンテナ方位角と姿勢角とに基づいて、アンテナ方位を水平面に投影した角度を求めるが、その角度は水平面内でのビームの指向方向であるので、船体の動揺等による船体基準面の傾きによる誤差を補正できる。そのため風雪や波浪等によって動揺しやすい小型船舶においても位置精度の高い物標探知が可能となる。

20

【0013】

(2) 船体姿勢角検知手段が船体のローリング角またはピッチング角を検知し、補正アンテナ方位角検知手段がローリング角またはピッチング角とアンテナ方位角とを変数とする関数の演算により補正アンテナ方位角を求めるようにすることによって、船体のローリング角またはピッチング角を検知する従来のセンサ(通常の別の目的で設けられているセンサ)の出力を利用できるので、船体姿勢角検知手段の構成が容易となる。

【0014】

(3) 船体姿勢角検知手段が船体のローリング角およびピッチング角を個別に検知し、補正アンテナ方位角検知手段がローリング角、ピッチング角およびアンテナ方位角を変数とする関数の演算により補正アンテナ方位角を求めるようにすることによって、船体の姿勢角をローリング角とピッチング角とで検知する従来のセンサの出力を利用できるので、船体姿勢角検知手段の構成が容易となる。

30

【0015】

(4) 船体のローリング角またはピッチング角が所定のしきい値を超えるとときに、補正アンテナ方位角検知手段が前記関数の演算により補正アンテナ方位角を求めるようにすることによって、船体の動揺の少ないときの演算処理量が削減でき、前記関数の演算を行う演算処理部はその分、他の処理を行うことができる。そのため、この船舶用レーダを用いる機器の総合的なパフォーマンスが向上する。

【0016】

(5) 物標追尾手段が、前記補正アンテナ方位角と、物標までの距離とによって水平面内での複数の物標の2次元位置を繰り返し検知するとともに、それらの物標の位置を追尾し、映像データ生成手段が、補正アンテナ方位角と受信信号とに基づいて水平面内での物標の映像を表示するための映像データを生成し、マーク表示データ生成手段が、追尾物標の位置を表すマークの表示データを生成し、表示手段が映像データとマーク表示データを表示するので、物標の追尾を確実に行えるとともに、物標の映像と追尾中物標の位置を表すマークのいずれについても方位方向の誤差の少ない表示を行うことができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

この発明の実施形態に係る船舶用レーダの構成を、各図を参照して説明する。

図1は船舶用レーダ100の全体の構成を示すブロック図である。図1において、レー

50

ダアンテナ 1 は船体の進行方向である船首尾方向に平行で且つ正横方向に平行な船体基準面に平行な平面を走査面とするアンテナであり、全周囲方向に一定周期でビームの指向方向が旋回する。このレーダアンテナ 1 からは上記船体基準面（走査面）内でのビームの指向方向であるアンテナ方位角の信号が出力される。

【0018】

姿勢角センサ 2 はローリング角とピッチング角を検出するセンサであり、例えば 3 つ以上の GPS アンテナを用いて、その 3 つの GPS アンテナが成す平面の姿勢角を検出するセンサである。

【0019】

この姿勢角センサ 2 は、姿勢角を検出すべき平面とレーダアンテナの走査面とが平行となるようにレーダアンテナ 1 のユニットに対して一体的に設けてもよい。すなわち、「姿勢角センサ付きレーダアンテナユニット」を構成して、このユニットを船体に装備すればよい。このことによって、仮に上記姿勢角センサ付きレーダアンテナユニットの船体に対する取り付け角に多少の誤差があっても、姿勢角を検出すべき平面とレーダアンテナの走査面とは常に平行関係が保たれるので、船体に対する上記ユニットの取り付け角の誤差による影響は受けにくく、船体の姿勢角に応じたアンテナ方位角の補正を高精度に行うことができる。

10

【0020】

方位センサ 3 は船体の船首方位を検出するセンサであり、例えば 2 つまたは 3 つ以上の GPS アンテナを用いてそれらのアンテナの位置関係を測位することによって船首方位を求めるものである。GPS を利用する場合、上記姿勢角センサ 2 と方位センサ 3 は同じ GPS アンテナを用いて上記姿勢角と船首方位を同時に検出することになる。

20

【0021】

レーダ送受信器 4 はレーダアンテナ 1 を用いてパルス状電波を一定周期で繰り返し送信するとともに、パルス状電波の物標での反射波である受信信号を受信する。

【0022】

ビデオ信号処理部 5 は、レーダ送受信器 4 から出力されるビデオ信号（上記パルス状電波の 1 回の送受信による 1 スイープ分のビデオ信号）を順次読み込み、それをレーダ映像として表示するための信号処理を行う。

【0023】

方位誤差補正部 6 は、レーダアンテナ 1 から入力したアンテナ方位角を姿勢角センサ 2 から入力したローリング角およびピッチング角を基に補正し、補正アンテナ方位角信号を出力する。

30

【0024】

レーダ映像データ生成部 7 はビデオ信号処理部 5 から読み取った各スイープのビデオ信号をレーダ映像として表示するための表示データを 2 次元画像メモリ上に展開する際、補正アンテナ方位角の各方向に各スイープのビデオ信号に相当する映像データを展開する。

【0025】

物標追尾部 8 はビデオ信号処理部 5 から読み取った各スイープのビデオ信号と、方位誤差補正部 6 からの補正アンテナ方位角の情報と、方位センサ 3 からの船首方位の情報と、測位装置 1 2 からの自船速の情報とを基に物標の追尾を行う。

40

【0026】

他船表示データ生成部 9 は、物標追尾部 8 が追尾している物標（他船）の位置をマークで表示するための表示データを生成する。

【0027】

表示制御部 10 は、レーダ映像データ生成部 7 で生成されたレーダ映像のデータ、他船表示データ生成部 9 で生成された追尾中物標のマークの表示データ、方位センサ 3 による船首方位、さらには表示すべき表示モードの情報を基に、最終的に表示する画像の表示信号を作成し、表示器 11 へ出力する。

【0028】

50

図 2 は図 1 に示した物標追尾部 8 が物標追尾のために行ういわゆる トラッカーのトラッキング方法を示す図である。

【 0 0 2 9 】

ここで、位置平滑化定数を、速度平滑化定数をとする直線予測器として、第  $n$  スキャンから第  $(n + 1)$  スキャンを予測する様子を示している。第  $n$  スキャンでの予測位置を  $P(n)$ 、測定位置を  $M(n)$  とすると、追尾誤差  $E(n)$  は、

$$E(n) = M(n) - P(n)$$

である。平滑位置  $S(n)$  と平滑速度  $V(n)$  は、

$$S(n) = P(n) + E(n)$$

$$V(n) = V(n - 1) + E(n) / T$$

で求められる。ここで、 $T$  はサンプル周期である。これから、 $(n + 1)$  スキャンの予測位置  $P(n + 1)$  は、

$$P(n + 1) = S(n) + V(n) T$$

で求められる。

【 0 0 3 0 】

$\alpha = 0$  は予測位置、 $\alpha = 1$  は測定位置を平滑位置とすることに相当し、 $\alpha$  が小さいほど深く平滑化されることを意味している。このようにして物標  $n$  の運動量を推定するとともにその位置を追尾する。

【 0 0 3 1 】

測位装置 1 2 は、例えば GPS 受信機からなり、自船の位置、速度を求めるものである。レーダで求められるエコーはターゲットの相対位置であり、それを基にして追尾部で求める速度は相対速度である。さらに真速度も求めるためには、その相対速度に測位装置 1 2 の自船速度を加算する。

【 0 0 3 2 】

次に、図 1 に示した方位誤差補正部 6 の処理内容について説明する。

まずローリングによる方位誤差について図 3 を基に説明する。

図 3 において、船首方向を  $O - x$ 、船体基準面が水平であるときの右舷方向を（正横右舷方向） $O - y$  とする。また、 $x$  軸と  $y$  軸を含む  $x y$  平面（水平面）に垂直な軸を  $z$  軸とする。この  $z$  軸は全体のローリング角およびピッチング角が  $0^\circ$  のときのアンテナの回転軸に相当し、上記  $x y$  平面はアンテナの走査面に相当する。

【 0 0 3 3 】

$x y$  平面上にある物標を  $T$  とし、その座標を  $(X, Y, 0)$  とする。この物標の船首方向からの方位角を  $\theta$  とすると、

【 0 0 3 4 】

【数 1】

$$\tan \theta = \frac{Y}{X} \quad \dots(1)$$

【 0 0 3 5 】

である。ここで船体が左舷にローリング角  $R$  だけ傾斜したとすると、 $y$  軸は  $y'$  軸に、 $z$  軸は  $z'$  軸に移るが、 $x$  軸は変化しない。アンテナの回転軸は  $z$  から  $z'$  に移り、電波の走査平面も  $x y$  平面から  $x y'$  平面に移る。

【 0 0 3 6 】

仮にビームがアンテナの回転軸に直角な平面すなわち  $x y'$  平面にしか発射されないとすれば、 $x y$  平面にある物標  $T$  からの反射波は返ってこない。しかし実際にはレーダの垂直ビーム幅は  $20^\circ$  程度あるから、電波が当たり、反射波が返ってくる。

【 0 0 3 7 】

ビームは  $x y'$  平面に垂直な広がりを持っているから、 $T$  から  $x y'$  平面に垂線を下し、その足を  $T'$  とすると、アンテナが  $x y'$  平面内で  $O - T'$  方向に指向したとき物標  $T$  の映像がスコープ上に現れる。この場合、アンテナは船首方向から  $B O T'$  だけ回っている。この角を  $\theta'$  とすると、この  $\theta'$  が補正アンテナ方位角である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

以上より

【 0 0 3 9 】

【 数 2 】

$$BT' = Y' = Y \cos R, \quad \tan \theta' = \frac{Y'}{X'} = \frac{Y}{X} \cos R = \tan \theta \times \cos R$$

$$\text{ゆえに } \tan \theta' = \tan \theta \times \cos R$$

…(2)

【 0 0 4 0 】

となる。(2)式を整理すると、

【 0 0 4 1 】

【 数 3 】

$$\tan(\theta - \theta') = \frac{(1 - \cos R) \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta \cos R} \quad \dots(3)$$

【 0 0 4 2 】

の関係が成り立つ。ここで( )が方位誤差である。

【 0 0 4 3 】

次に、ピッチングによる方位誤差について図4を基に説明する。

図4において、各軸の取り方は図3の場合と同様であり、船首方向をO-x、船体基準面が水平であるときの右舷方向を(正横右舷方向)O-yとする。また、x軸とy軸を含むxy平面(水平面)に垂直な軸をz軸とする。また、xy平面上にある物標をTとし、その座標を(X, Y, 0)とする。

【 0 0 4 4 】

ここで、船首方向で後方にピッチング角Pだけ傾いた場合、電波の走査平面はx'y平面に移る。Tからx'y平面に垂線を下し、その足をT'とすると、アンテナがx'y平面内でO-T'方向を指向したとき物標Tの映像が現れる。この場合、アンテナはB'O T'だけ回っている。この角度を'とすると、この'が補正アンテナ方位角である。

【 0 0 4 5 】

以上より

【 0 0 4 6 】

【 数 4 】

$$AT' = X' = X \cos P, \quad \tan \theta' = \frac{Y}{X'} = \frac{Y}{X \cos P} = \tan \theta \times \frac{1}{\cos P}$$

$$\text{ゆえに } \tan \theta' = \tan \theta \times \frac{1}{\cos P}$$

…(4)

【 0 0 4 7 】

となる。(4)式を整理すると、

【 0 0 4 8 】

【 数 5 】

$$\tan(\theta - \theta') = \frac{(1 - 1/\cos P) \tan \theta}{1 + \tan^2 \theta / \cos P} \quad \dots(5)$$

【 0 0 4 9 】

の関係が成り立つ。

【 0 0 5 0 】

次に、ローリングとピッチングが合わさったときの方位誤差について説明する。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 1 】

ここで、ローリング角を R、ピッチング角を P、アンテナ方位角を  $\theta$ 、求めるべき補正アンテナ方位角を  $\theta''$  とすると、

【 0 0 5 2 】

【 数 6 】

$$\tan \theta'' = \frac{\sin R \sin P \cos \theta + \cos R \sin \theta}{\cos P \cos \theta} \quad \dots(6)$$

【 0 0 5 3 】

【 数 7 】

$$\begin{aligned} \tan(\theta - \theta'') &= \frac{\tan \theta - \tan \theta''}{1 + \tan \theta'' \tan \theta} = \frac{\tan \theta - \frac{\sin R \sin P \cos \theta + \cos R \sin \theta}{\cos P \cos \theta}}{1 + \frac{\sin R \sin P \cos \theta + \cos R \sin \theta}{\cos P \cos \theta} \tan \theta} \quad 10 \\ &= \frac{\cos P \sin \theta - (\sin R \sin P \cos \theta + \cos R \sin \theta)}{\cos P \cos \theta + (\sin R \sin P \cos \theta + \cos R \sin \theta) \tan \theta} \\ &\quad \dots(7) \end{aligned}$$

【 0 0 5 4 】

の関係が成り立つ。

【 0 0 5 5 】

20

上記(6)式の証明は次のとおりである。

x y 平面で考えた場合、原点をそのままにして、座標軸を角度  $\theta$  だけ回転した時の旧座標 (x, y) と新座標 (x', y') の関係は

【 0 0 5 6 】

【 数 8 】

$$\begin{aligned} x' &= x \cos \theta + y \sin \theta \\ y' &= -x \sin \theta + y \cos \theta \end{aligned} \quad \dots(8)$$

【 0 0 5 7 】

である。例えば点 A (1, 0) は x y 座標軸が 45 度回転することにより、新座標では A' (  $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ,  $-\frac{1}{\sqrt{2}}$  ) になる。 30

【 0 0 5 8 】

ピッチング角 P は y 軸回りに P 回転したもので、座標 (x, y, z) (x', y', z') に変換されるとすると、

【 0 0 5 9 】

【 数 9 】

$$\begin{aligned} x' &= x \cos P + z \sin P \\ y' &= y \\ z' &= -x \sin P + z \cos P \end{aligned} \quad \dots(9)$$

40

【 0 0 6 0 】

となる。

【 0 0 6 1 】

さらにローリング角 R は x' 軸回りに R 回転したもので、座標 (x', y', z') (x'', y'', z'') に変換されるとすると、

【 0 0 6 2 】



【数 1 0】

$$\begin{aligned}x'' &= x' \\y'' &= y' \cos R - z' \sin R \\z'' &= y' \sin R + z' \cos R\end{aligned} \quad \dots(10)$$

【0 0 6 3】

つまり点 ( X , Y , Z ) はピッチング角 P のピッチング、ローリング角 R のローリングが発生することにより ( X '' , Y '' , Z '' ) に変換される。座標関係を纏めると、

【0 0 6 4】

【数 1 1】

$$\begin{aligned}X'' &= X' = X \cos P + Z \sin P \\Y'' &= Y' \cos R - Z' \sin R = Y \cos R + X \sin P \sin R - Z \cos P \cos R \\Z'' &= Y' \sin R + Z' \cos R = Y \sin R - X \sin P \cos R + Z \cos P \cos R\end{aligned} \quad \dots(11)$$

10

【0 0 6 5】

になる。

【0 0 6 6】

( 1 0 ) 式より、点 T ( X , Y , 0 ) は

【0 0 6 7】

【数 1 2】

$$\begin{aligned}X'' &= X \cos P \\Y'' &= Y \cos R + X \sin P \sin R \\Z'' &= Y \sin R - X \sin P \cos R\end{aligned} \quad (12)$$

20

【0 0 6 8】

になる。

【0 0 6 9】

( X '' , Y '' ) と t a n " の関係を求めると、

【0 0 7 0】

【数 1 3】

$$\begin{aligned}\tan \theta'' &= \frac{Y''}{X''} = \frac{Y \cos R + X \sin P \sin R}{X \cos P} = \frac{r \sin \theta \cos R + r \cos \theta \sin P \sin R}{r \cos \theta \cos P} \\&= \frac{\sin R \sin P \cos \theta + \cos R \sin \theta}{\cos P \cos \theta}\end{aligned} \quad \dots(13)$$

30

【0 0 7 1】

になる。すなわち、( 1 3 ) 式は ( 6 ) 式に一致する。

【0 0 7 2】

図 5 は ( 3 ) 式においてローリング角 R を 2 . 5 ° , 5 . 0 ° , 1 0 . 0 ° , 2 0 . 0 ° とした時の補正アンテナ方位角と補正前のアンテナ方位角との差 ( 方位誤差 ) e の関係を示している。

40

【0 0 7 3】

方位誤差 e が最大になるのは = 4 5 ° , 1 3 5 ° の時であり、ローリング角 R には依存しない。

【0 0 7 4】

この図 5 から明らかなように、ローリングによる方位誤差 e r とアンテナ方位角とは次の関係式で近似できる。

【0 0 7 5】

$$e_r = A \sin ( 2 \quad ) \quad \dots (14)$$

ここで A はローリング角 R が定まった時の e r の最大値であり、( 3 ) 式から求めら

50

れる。

【0076】

図6は、(5)式においてピッチング角Pを2.5°、5.0°、10.0°、20.0°とした時の補正アンテナ方位角と補正前のアンテナ方位角との差(方位誤差)  $e$  の関係を示している。

【0077】

方位誤差  $e$  が最大になるのは  $\theta = 45^\circ$ 、 $135^\circ$  の時であり、ピッチング角Pには依存しない。

【0078】

この図6から明らかなように、ピッチングによる方位誤差  $e_p$  とアンテナ方位角  $\theta$  とは次の関係式で近似できる。 10

【0079】

$$e_p = -B \sin(2\theta) \dots (15)$$

ここでBはピッチング角Pが定まった時の  $e_p$  の最大値であり、(5)式から求められる。

【0080】

このように、船体の動揺に伴い、ローリングによる方位誤差とピッチングによる方位誤差はそれぞれ正弦波状に変化するので、その波形の最大値と位相を検知して、上記(14)式または(15)式によってローリングによる方位誤差  $e_r$  またはピッチングによる方位誤差  $e_p$  を求めてもよい。但し、ローリングとピッチングが合わさった場合、上記方位角誤差  $e$  は  $e_r$  と  $e_p$  の足しあわせとはならない。 20

【0081】

例えばローリング角とピッチング角が同じ比率である場合、真の方位が0°または180°の時に方位誤差  $e$  が最大になる。その最大値はローリング角、ピッチング角のみの場合のそれぞれの方位誤差最大値を足しあわせた値より大きくなる。また  $e$  が最大値をとる方位はローリングとピッチング角の比率で変わってくる。

【0082】

したがって、ローリング角とピッチング角とがそれぞれ所定角以上である場合には、ローリング角Rとピッチング角Pを個別に検出して、(6)式により補正アンテナ方位角を求めればよい。 30

【0083】

次に別の実施形態に係る船舶用レーダの2つの構成例を図7・図8を参照して説明する。

図1に示した例では、物標追尾部8およびレーダ映像データ生成部7に対する方位誤差を補正するようにしたが、通常、レーダ映像については方位誤差の影響があまり目立たず、レーダ映像の観測上問題とならない場合もあるので、物標追尾部8が処理する方位データだけについて補正してもよい。図7はその船舶用レーダ101の構成を示すものである。

【0084】

図7において、レーダ映像データ生成部7はビデオ信号処理部5から読み取った各スライプのビデオ信号をレーダ映像として表示するための表示データを2次元画像メモリ上に展開する際、アンテナ方位角の各方向に各スライプのビデオ信号に相当する映像データを展開する。 40

その他の構成・作用は図1に示したものと同様である。このように構成することによって、レーダ映像の方位補正処理を省略しても、方位誤差による影響が大きいARPA追尾部の精度を上げることができる。

【0085】

また、図1に示した例では、物標追尾部8を備えたARPA機能を備えるレーダについて示したが、物標追尾部の無い(ARPA機能の無い)レーダに適用してもよい。図8はその船舶用レーダ102の構成を示すものである。 50

## 【0086】

図8において、方位誤差補正部6は、レーダアンテナ1から入力したアンテナ方位角を姿勢角センサ2から入力したローリング角およびピッチング角を基に補正し、補正アンテナ方位角信号を出力する。レーダ映像データ生成部7はビデオ信号処理部5から読み取った各スイープのビデオ信号をレーダ映像として表示するための表示データを2次元画像メモリ上に展開する際、補正アンテナ方位角の各方向に各スイープのビデオ信号に相当する映像データを展開する。その他の構成・作用は図1に示したものと同様である。

## 【0087】

このようにして、方位角精度の高いレーダ映像を表示することができる。

## 【0088】

なお、以上に示した例ではローリング角とピッチング角の何れか一方を検出し、その角度で方位誤差を補正するか、ローリング角とピッチング角の両方を検出して、その両方の角度で方位誤差を補正する例を示したが、ローリング角とピッチング角の両方を検出する場合であっても、その一方の角度だけで方位誤差を補正するようにしてもよい。

例えば、ローリング角とピッチング角のうち角度の大きな方だけを利用して方位誤差を補正するようにしてもよい。これにより処理に要する演算量を削減することができる。

## 【0089】

また、以上に示した例では検出したローリング角および/またはピッチング角で方位誤差を補正するようにしたが、ローリング角とピッチング角が所定のしきい値以内である場合は方位誤差の補正をせず、ローリング角とピッチング角が所定のしきい値より大きいときだけ方位誤差の補正を行うように構成してもよい。すなわち、上記方位誤差が問題にはならない程度にローリング角とピッチング角が小さい場合（例えば3°以内である場合）、方位誤差の補正を行わない。

ことよって、船体の動揺の少ないときの演算処理量が削減でき、前記関数の演算を行う演算処理部はその分、他の処理を行うことができる。そのため、この船舶用レーダを用いる機器の総合的なパフォーマンスが向上する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0090】

【図1】本発明の実施形態に係る船舶用レーダの構成を示すブロック図である。

【図2】物標追尾部が行うトラックの方法を示す図である。

【図3】ローリングによる方位誤差について示す図である。

【図4】ピッチングによる方位誤差について示す図である。

【図5】ローリング角を4通りに変化させたときのアンテナ方位角と方位誤差について示す図である。

【図6】ピッチング角を4通りに変化させたときのアンテナ方位角と方位誤差について示す図である。

【図7】本発明の別の実施形態に係る船舶用レーダの構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の別の実施形態に係る船舶用レーダの構成を示すブロック図である。

## 【符号の説明】

## 【0091】

1 - レーダアンテナ

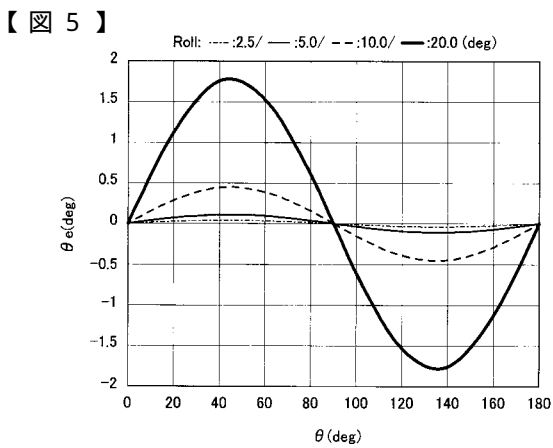
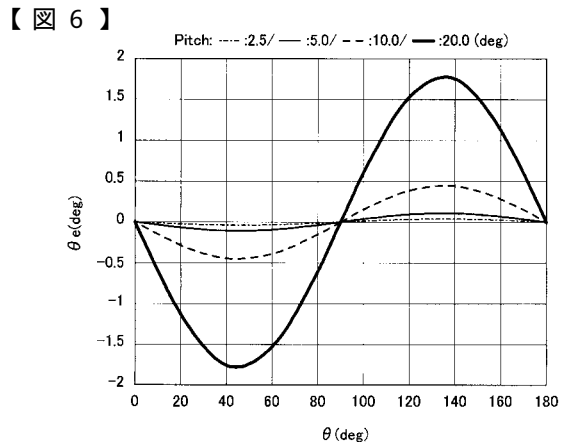
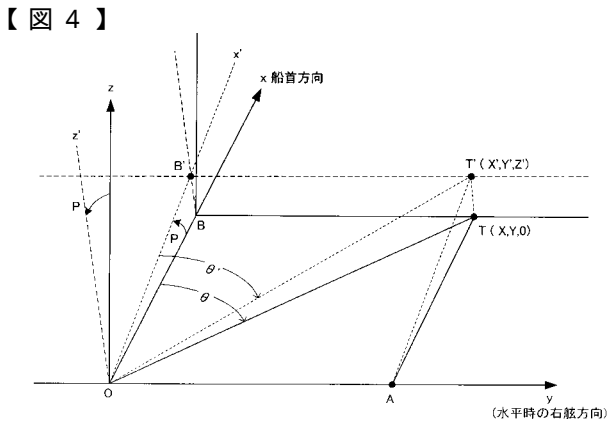
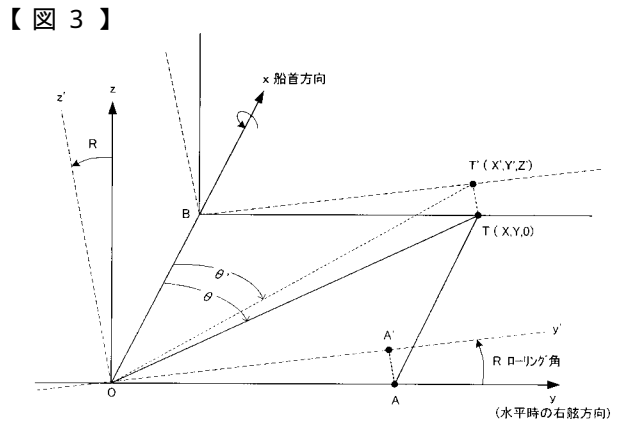
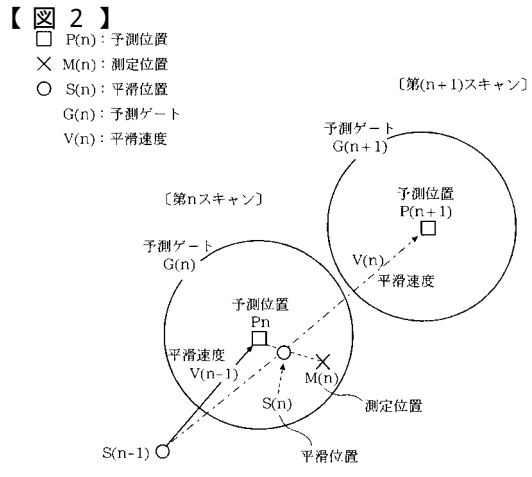
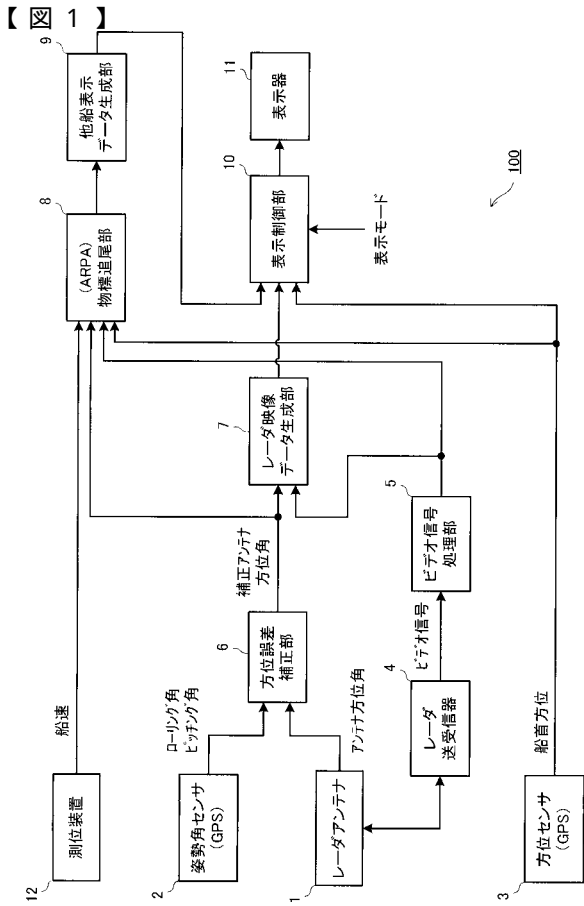
100 ~ 102 - 船舶用レーダ

10

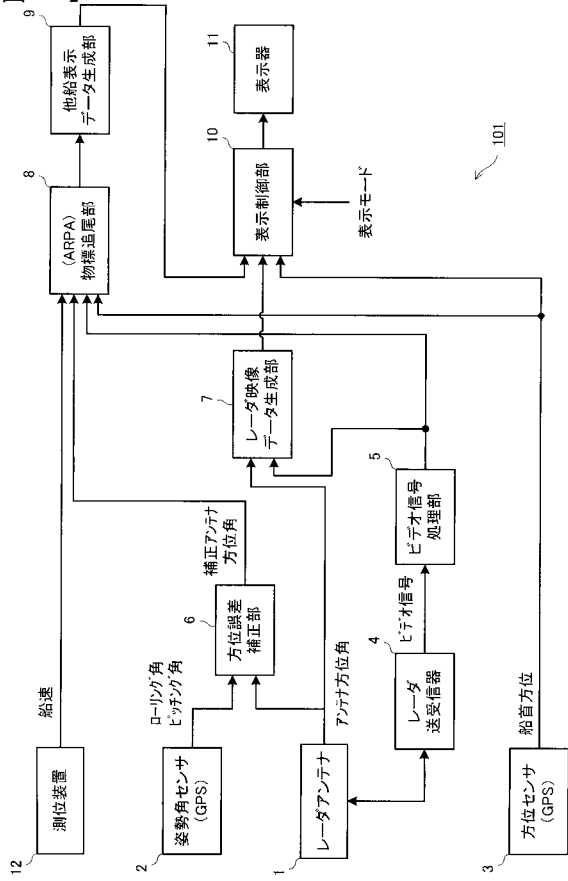
20

30

40



【図7】



【図8】

