

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年3月27日(27.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/045930 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/074312
- (22) 国際出願日: 2013年9月10日(10.09.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2012-207421 2012年9月20日(20.09.2012) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町9番52号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 竹元 彩衣(TAKEMOTO, Sae); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

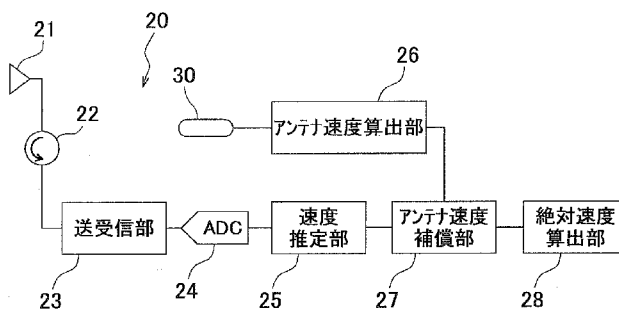
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: RADAR DEVICE FOR SHIPS AND SPEED MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 船舶用レーダ装置及び速度測定方法



23 Transmitting and receiving unit
25 Speed estimation unit
26 Antenna speed calculation unit
27 Antenna speed compensation unit
28 Absolute speed calculation unit

(57) Abstract: [Problem] To reduce errors that occur when the absolute speed of a target is measured by using an antenna installed on a hull that rocks in a complex manner due to floating on the sea. [Solution] An antenna (21) is installed above a hull, and transmits and receives electromagnetic waves. The roll angle and pitch angle of the hull are detected using a tilt sensor (30). An antenna speed calculation unit (26) calculates the antenna speed of the antenna (21) using the detected roll angle and pitch angle of the hull (10). An antenna speed compensation unit (27) compensates for the antenna speed of the antenna (21) calculated by the antenna speed calculation unit (26), with regard to the relative speed between the target and the hull (10) obtained from reflected waves received by the antenna (21).

(57) 要約: 【課題】海上に浮いているために複雑に揺れ動く船体に設置されているアンテナを用いて物標の絶対速度を測定したときの誤差を減少させる。【解決手段】アンテナ21は、船体の上方に設置され、電磁波を送受信する。傾きセンサ30を用いて、船体のロール角とピッチ角が検出される。アンテナ速度算出部26は、検出された船体10のロール角とピッチ角を用いてアンテナ21のアンテナ速度を算出する。アンテナ速度補償部27は、アンテナ21で受信した反射波から得られる船体10と物標との

相対速度について、アンテナ速度算出部26で算出されたアンテナ21のアンテナ速度を補償する。

明 細 書

発明の名称：船舶用レーダ装置及び速度測定方法

技術分野

[0001] この発明は、船舶や浮き桟橋などに設置されているアンテナを用いて速度測定を行なう船舶用レーダ装置及び速度測定方法に関する。

背景技術

[0002] 船舶用として広く採用されているレーダ装置は、例えば20～30rpm程度の回転数で回転するアンテナが船体の上方に設置されており、船体の周囲に存在する物標の探知に使用される。レーダ装置は、アンテナによりパルス変調された電磁波を送信するとともに物標に当たって返ってきた反射波を受信して、その反射波から得られる受信信号を用いて物標の方位や距離を探知している。また、このようなレーダ装置では、このアンテナで受信される物標からの反射波を用いて、物標と船体との間の相対速度の測定が行なわれている。

[0003] このように船舶などの移動体に搭載されているレーダ装置では、移動体自身の動きによるドップラ周波数が発生してしまうため、物標の対地速度（物標の絶対速度）を測定する場合に自船の速度や自船の動揺により生じる誤差の補正が行なわれる。

[0004] 図11は、自船の速度を補正して物標の対地速度を算出する方法を説明するための概念図である。自船100に対する物標110の方位方向の相対速度 V_r は、自船100に搭載されているレーダ装置120によって観測される。

[0005] レーダ装置120によって観測できるのは、物標110の相対速度 V_r であるから、物標110の方位方向の対地速度（絶対速度） V_o を求めるためには、例えば、特許文献1（特開平5-333144号公報）に記載されているように、レーダ装置120を搭載している自船100の絶対速度や自船100の動揺による速度（以下単に自船の速度という）を差し引く必要が

ある。自船100の速度は、刻々と変化する自船100の位置の情報として与えられる。自船100の位置や速度は、GPS (Global Positioning System) やLOG (船速距離計) やジャイロコンパスなどの他の計測機器から与えられる。

[0006] このように、自船100の速度 V_o がレーダ装置120における相対速度 V_r の測定とは無関係に得られるため、レーダ装置120において探知される物標110の方位などを考慮して補正を行なう必要がある。他の計測機器で測定された自船100の速度 V_o のベクトルの向き(針路)は、物標110の存在する方位に対してある角度 β を有している。

[0007] 従って、物標110の対地速度 V_{oc} は、次式で与えられる。 $V_{oc} = V_r - V_o \cdot \cos \beta$

[0008] 自船100の速度 V_o は、自船100の船首方向 θ_h に一致するものではない。例えば、潮の流れなどによって自船100の針路 θ_c が船首方向 θ_h からずれてしまうことがある。一方、レーダ装置120のアンテナの方位 α_T は、自船100の船首方向 θ_h を基準に決められている。そのため、自船100の速度 V_o のベクトルの向きと物標110の方位とのなす角 β は、アンテナの方位 α_T を用いて、 $\beta = \alpha_T - (\theta_c - \theta_h)$ のように計算する必要がある。

[0009] 従って、求めるべき物標110の対地速度 V_{oc} は、次式のように書き直せる。 $V_{oc} = V_r - V_o \cdot \cos (\alpha_T - (\theta_c - \theta_h))$

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 従来のレーダ装置120において計算される物標110の対地速度 V_{oc} は、船舶の場合には、上述のように自船100の速度を補正した後においても誤差が含まれる。

[0011] 図12及び図13を用いて、自船100の速度による速度を差し引いた場合にも残る誤差について説明する。自船100の運動は、6つの自由度を持つ剛体の運動と考えられる。すなわち、図12において、自船100の重心

を原点として直交する3つの軸を S_x 、 S_y 、 S_z とおくと、矢印 S_u で示される S_x 方向の前後揺れ、矢印 S_w で示される S_y 方向の左右揺れ、矢印 H_e で示される S_z 方向の上下揺れ、 S_x 軸の周りに回転する矢印 R_o で示されている横揺れ（ロール）、 S_y 軸の周りに回転する矢印 P_i で示されている縦揺れ（ピッチ）、及び S_z 軸の周りに回転する矢印 Y_a で示されている船首揺れである。

[0012] 図12に示されている揺れのうち、矢印 H_e で示されている上下揺れは、物標110の方位方向の成分を持たないので、物標110の対地速度の算出には係わらない。また、矢印 S_u と矢印 S_w で示されている前後揺れと左右揺れは、自船100の速度の変化としてGPSなどによって捉えられることから、上述の自船100の速度 V_o の中に含まれている。

[0013] このように、3つの S_x 軸と S_y 軸と S_z 軸のそれぞれの軸の周りの回転に伴って生じるアンテナ130の速度は、自船100の速度 V_o の中に含まれないことから、自船100の速度 V_o の補正後においても、物標110の対地速度を算出する際の誤差の原因となっている。

[0014] 例えば、ロールとピッチだけを考えて S_y 軸の方向と S_x 軸の方向にアンテナ130が単純な単振動を行なうと仮定した場合でも、アンテナ130は、図13に示すようなりサージュ曲線を描くなど、船体が海上に浮いていることから多くの自由度を持って揺れ動くため、自船100の上方に設置されているアンテナ130の動きは複雑になる。

[0015] この発明の目的は、海上に浮いているために複雑に揺れ動く船体に設置されているアンテナを用いて物標の絶対速度を測定したときの誤差を減少させることである。

課題を解決するための手段

[0016] 上記課題を解決するための船舶用レーダ装置は、船体の上方に設置され、電磁波を送受信するアンテナと、船体のロール角とピッチ角を検出するためのセンサと、検出された船体のロール角とピッチ角を用いて船体の重心に対するアンテナの速度であるアンテナ速度を算出するアンテナ速度算出部と、

アンテナで受信した反射波を用いて得られる船体と物標との相対速度について、算出されたアンテナ速度を補償するアンテナ速度補償部とを備えるものである。

[0017] この船舶用レーダ装置によれば、船体のロールとピッチに伴うアンテナのアンテナ速度の補償ができるので、船体の複雑な揺れのうちのロールとピッチによってアンテナが船体に対して相対的なアンテナ速度を持つことにより、アンテナで受信した反射波から船体と物標との相対速度を推定するために生じる誤差を減少させることができる。

[0018] なお、ここでいう船体には、自己の推進力で移動する船舶だけでなく、浮き桟橋などの単に係留されているだけの浮体も含まれる。

[0019] 上記課題を解決するための速度測定方法は、船体のロール角とピッチ角を検出する傾き検出工程と、検出された船体のロール角とピッチ角を用いて船体の上方に設置されている船体の重心に対する速度であるアンテナ速度を算出するアンテナ速度算出工程と、アンテナで受信した反射波を用いて得られる船体と物標との相対速度について、算出されたアンテナ速度を補償するアンテナ速度補償工程とを備えるものである。

[0020] この速度測定方法によれば、アンテナ速度補償工程で船体のロールとピッチに伴うアンテナのアンテナ速度の補償ができるので、複雑な船体の揺れのうちのロールとピッチによってアンテナが船体に対して相対的なアンテナ速度を持つことにより生じる誤差の要因を取り除くことができる。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、海上に浮いているために複雑に揺れ動く船体に設置されているアンテナを用いて船体と物標の相対速度を測定しても、船体のロールとピッチに伴うアンテナのアンテナ速度の補償ができるので、アンテナで受信した反射波から船体と物標との相対速度を推定する際の誤差を小さくすることができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第1実施形態に係る船舶用レーダ装置の構成の概要を示すブロック図。

[図2]船舶用レーダ装置のアンテナの設置位置を説明するための斜視図。

[図3]ロールとピッチによるアンテナの速度を説明するための図。

[図4]アンテナの速度の補償を説明するための概念図。

[図5]速度測定方法を説明するためのフローチャート。

[図6]補償量の見積もりを説明するためのグラフ。

[図7]第2実施形態に係る船舶用レーダ装置の構成の概要を示すブロック図。

[図8]傾きセンサのデータの補間を説明するためのグラフ。

[図9]第3実施形態に係る船舶用レーダ装置の構成の概要を示すブロック図。

[図10]第4実施形態に係る船舶用レーダ装置の構成の概要を示すブロック図。
。

[図11]物標の絶対速度の求め方を説明するための概念図。

[図12]自船の動揺の種類を説明するための斜視図。

[図13]物標と自船との相対速度とアンテナの速度との関係を説明するための概念図。

発明を実施するための形態

[0023] <第1実施形態>

(1) レーダ装置の構成 本発明の第1実施形態に係るレーダ装置の全体構成について図面を用いて説明する。図1は、この船舶用レーダ装置の概略構成を示すブロック図である。船舶用レーダ装置20は、図1に示されているように、アンテナ21と送受切換器22と送受信部23とADコンバータ24と速度推定部25とアンテナ速度算出部26とアンテナ速度補償部27と絶対速度算出部28とを備えている。図1の船舶用レーダ装置20は、図2に示すように、船体10に搭載され、海上の他船などの物標110を検出するための船舶用レーダ装置である。このような船舶用レーダ装置20には、送信機にマグネトロンを用いるマグネトロンレーダ装置だけでなく、送信機に半導体増幅器を用いる固体化レーダ装置も含まれる。

[0024] [アンテナ21]

船舶用レーダ装置20において、アンテナ21は、鋭い指向性を持ったパ

ルス状電波（レーダ送信信号）のビームを送信するとともに、その周囲にある物標からの反射波を受信する。ビーム幅は、例えば2度に設定される。アンテナ21は、図2に示すように、船体10の上方に設置されており、水平面内で回転しながら、上記の送信と受信を繰り返す。回転数は、例えば24rpmである。アンテナ21が1回転する間に行う処理の単位を1スキャンとよぶ。また、レーダ送信信号を送信してから次のレーダ送信信号を送信する直前までの期間における送信と受信の動作をスイープとよぶ。1スイープの時間、すなわち送信周期は、例えば1msである。アンテナ21の設置される高さは、船舶によって様々であるが、数mから数十mの範囲が考えられる。

[0025] 〔送受切換器22〕

送受切換器22は、アンテナ21と接続可能に構成されており、アンテナ21と送受信部23との間の信号の切り換えを行う。すなわち、この送受切換器22では、送信時には、レーダ送信信号が送受信部23の受信回路に回り込まないようにし、受信時には、レーダ受信信号が送受信部23の送信回路に回り込まないようにする。送受切換器22としては、例えば、サーキュレータ（Circulator）等の電子部品が用いられる。

[0026] 〔送受信部23〕

送受信部23は、レーダ送信信号を生成して送受切換器22を介してアンテナ21へ送出する。レーダ送信信号は、局部発振器から出力されるローカル信号と混合されて周波数変換された信号である。また、送受信部23は、アンテナ21から送受切換器22を介してレーダ受信信号を取り込み、局部発振器から出力されるローカル信号と混合して中間周波数に変換し、直交検波した後に後段のADコンバータ24へ出力する。具体的には、レーダ受信信号から、I（In-Phase）信号およびこれと $\pi/2$ だけ位相の異なるQ（Quadrature）信号を生成する。ここで、I信号、Q信号はそれぞれレーダ受信信号の複素エンベロープ信号Zの実数部、虚数部である。

[0027] 〔ADコンバータ24〕

A/Dコンバータ24は、送受信部23が出力した受信信号を所定のサンプリング周波数でサンプリングして、デジタル信号に変換する。通常、船舶用レーダ映像は、船舶用レーダ装置（アンテナ21）の位置を中心に鳥瞰的に表示される。表示の原点は、船舶用レーダ装置20の位置に対応する。レーダ装置20の操作者は、物標からの反射波の振幅（物標信号）がレーダ映像上で表示される位置から、その物標の方位と距離を認識することが可能になる。

[0028] このように、1スキャンによって得られるレーダ受信信号は、方位と距離の情報を持っている。k番目のスイープで得られるレーダ受信信号は、1スキャンあたりのスイープ数をKとし、1番目のスイープを基準に取る（0degとする）と、 $(k/K) \times 360$ (deg) ($0 \leq k \leq K-1$)の方位にある反射体から得られるものである。同一の方位から得られるデータには、同一の方位番号を対応させる。k番目のスイープで得られる受信データには方位番号kが与えられる。

[0029] また、各スイープのn番目のサンプリングで得られる受信データは、1スイープあたりのサンプル点数をNとし、レンジ（アンテナ21を原点とする最大表示距離）をLとすると、 $(n/N) \times L$ ($0 \leq n \leq N-1$)の距離にある反射体から得られるデータである。このようなn番目のサンプリングで得られる受信データには距離番号nが与えられるものとする。以下では、複素エンベロープ信号Zを方位番号kと距離番号nに関する2次元配列として扱い、この配列をZ[k, n]で表す。

[0030] [速度推定部25]

速度推定部25は、図示を省略しているが、A/Dコンバータ24から出力されるデジタル信号を受信データとして記憶するメモリを有している。速度推定部25は、このメモリに記憶されている複数回のスイープの受信データを用いて自己相関法により船体10を基準とした物標110の相対速度を推定する。速度推定部25における自己相関法による相対速度の推定については後ほど詳細に説明する。

[0031] 〔アンテナ速度算出部 26〕

アンテナ速度算出部 26 は、船体 10 に設けた傾きセンサ 30 からロール角とピッチ角を得る。アンテナ速度算出部 26 は、アンテナ 21 が設置されている高さや船体 10 の重心 11 の位置を考慮して、アンテナ 21 が船体 10 に対して移動するアンテナ 21 の相対速度をロール角とピッチ角の変化から算出する。以下においては、船体 10 の重心に対するアンテナ 21 の速度をアンテナ速度と呼ぶ。アンテナ 21 の速度の計算については、後ほど詳細に説明する。

[0032] 〔アンテナ速度補償部 27〕

アンテナ速度補償部 27 は、アンテナ速度算出部 26 で算出されるアンテナ 21 のアンテナ速度から、物標 110 の方向成分を求めて、速度推定部 25 で推定された物標 110 の相対速度からアンテナ 21 のアンテナ速度を差し引く。それにより、アンテナ速度補償部 27 では、速度推定部 25 が推定した相対速度についてアンテナ 21 のアンテナ速度を補償する。この速度補償の計算については、後ほど、アンテナ 21 のアンテナ速度の算出の説明に続いて行なう。

[0033] 〔絶対速度算出部 28〕

絶対速度算出部 28 は、GPS や LOG やジャイロコンパスなどの他の計測機器から船体 10 の位置や速度を取得している。絶対速度算出部 28 は、アンテナ速度補償部 27 によって補償の完了した相対速度から、取得している船体 10 の速度を差し引くことで、物標 110 の対地速度（絶対速度）を算出する。

[0034] （2）相対速度の推定

ここで、速度推定部 25 が行なう相対速度の推定について図 3 を用いて説明する。船体 10 に向かって物標 110 が速さ v で接近しているものとする。この物標 110 の距離に対応する距離番号を n_0 とし、この物標 110 からの反射波のうち最初の方位の方位番号を k_0 とする。また、方位番号 k_0 から方位番号 $(k_0 + M - 1)$ において物標 110 からの反射波を受信したものとす

る。このとき、速度推定部 25 のメモリに記憶されている次の M 個の受信データを用いて物標 110 の速さ v の推定を行なう。推定に用いる M 個の受信データ S は、 $S[k_0, n_0]$, $S[k_0+1, n_0]$, $S[k_0+2, n_0]$, ..., $S[k_0+M-1, n_0]$ である。

[数1]

$$Z[m] = S[k_0+m, n_0] \quad (0 \leq m \leq M-1)$$

[0035] そうすると、レーダ送信信号の送信中心周波数を f_0 、光速を c 、 $z[m]$ の共役複素数を $z^*[m]$ で表し、複素数 $z[m]$ の偏角を $\arg[z[m]]$ と表すとする、物標 110 の速さ v は、数 2 で与えられる。

[数2]

$$v = \frac{c}{4\pi f_0 T} \cdot \frac{1}{\Delta m} \arg \left[\sum_{m=0}^{L-1} Z^*[m] - Z[m+\Delta m] \right]$$

ただし、 Δm と L は、 $\Delta m + L \leq M$ の関係を満たす任意の自然数である。

[0036] (3) アンテナの速度の推定

ロール角、ピッチ角がともに 0 の状態で、船体 10 の重心 11 が直交座標 S_x , S_y , S_z の原点に固定されているときのアンテナ 21 の設置位置 A は数 3 で定義される。つまり、鉛直方向に S_z 軸、水平面における船首方向に S_x 軸、 S_z 軸と S_x 軸とに直交する水平面における左右方向に S_y 軸をとる。なお、 S_z 軸において鉛直下向きが正になるので、通常 a_z は負の値である。

[数3]

$$A = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix}$$

[0037] 離散的に行なわれるロール角とピッチ角の測定に、順に付した番号を測定番号とよぶ。測定番号 $k-1$ から $t(k)$ だけ時間が経過した後に行なわれる測定が、測定番号 k の測定である。ここで、測定番号 k におけるアンテナ

位置 $R(k)$ を数 4 で定義する。

[数4]

$$R(k) = \begin{pmatrix} rx(k) \\ ry(k) \\ rz(k) \end{pmatrix}$$

[0038] アンテナ位置 $R(k)$ は、ロールとピッチにより変化する。測定番号 $k-1$ における状態を図 3 の点線で示した矢印より左側に示し、測定番号 k における状態を図 3 の点線で示した矢印よりも右側に示す。測定番号 $k-1$, k におけるロール角をそれぞれ $\phi(k-1)$, $\phi(k)$ のように示し、ピッチ角をそれぞれ $\theta(k-1)$, $\theta(k)$ のように示す。

[0039] ロールについての回転座標変換行列を $\Phi(\phi(k))$ 、ピッチについての回転座標変換行列を $\Theta(\theta(k))$ と定義すると、アンテナ位置 $R(k)$ は数 5 で与えられる。

[数5]

$$R(k) = \Theta(\theta(k)) \cdot \Phi(\phi(k)) \cdot A$$

[0040] このときの回転座標変換行列 $\Phi(\phi(k))$ 、回転座標変換行列 $\Theta(\theta(k))$ は、それぞれ数 6、数 7 のようになる。

[数6]

$$\Phi(\phi(k)) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi(k) & -\sin \phi(k) \\ 0 & \sin \phi(k) & \cos \phi(k) \end{pmatrix}$$

[数7]

$$\Theta(\theta(k)) = \begin{pmatrix} \cos \theta(k) & 0 & \sin \theta(k) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta(k) & 0 & \cos \theta(k) \end{pmatrix}$$

[0041] 測定番号 $k-1$ の測定時刻から測定番号 k の測定時刻までのアンテナ 2 1 のアンテナ速度 $v(k)$ は数 8 で与えられる。

[数8]

$$v(k) = \frac{R(k) - R(k-1)}{t(k)}$$

$t(k)$: 測定番号 $k-1 \sim k$ の測定時間間隔

[0042] 速度 $v(k)$ は3次元ベクトルであるから、 S_x , S_y , S_z の各成分を考慮して数9のように表される。

[数9]

$$v(k) = \begin{pmatrix} vx(k) \\ vy(k) \\ vz(k) \end{pmatrix}$$

[0043] アンテナ21のアンテナ速度を補償するには、測定番号 k における物標110の方位（船首からのアンテナ21の回転角度） $\alpha_T(k)$ のアンテナ21の速度成分を求める必要がある。アンテナ21のアンテナ速度における物標110の方位 $\alpha_T(k)$ の成分 $avc_T(k)$ は、数10に示すように、 $vx(k)$ の方位 $\alpha_T(k)$ の方向成分と、 $vy(k)$ の方位 $\alpha_T(k)$ の方向成分との和になる（図4参照）。

[数10]

$$avc_T(k) = vx(k) \cdot \cos(\alpha_T(k)) + vy(k) \cdot \sin(\alpha_T(k))$$

[0044] 物標110の相対速度は、アンテナ速度補償部27において、物標11の相対速度からアンテナ21のアンテナ速度の方位 $\alpha_T(k)$ の成分 $avc_T(k)$ を差し引くことにより補正される。

[0045] <特徴>

(1) 船舶用レーダ装置20は、アンテナ速度算出部26によって、船体10のロールとピッチに伴うアンテナ21のアンテナ速度を算出する。アンテナ速度補償部27は、物標110の相対速度について、アンテナ速度算出部26で算出されたアンテナ21のアンテナ速度の補償を行う。それにより、船体10の複雑な揺れのうちのロールとピッチによってアンテナ21が船体10に対して相対的な速度を持つことにより、船舶用レーダ装置20が

アンテナ 21 を使って取得する物標 110 の相対速度に生じる誤差の要因を取り除くことができる。

[0046] 例えば、船体 10 の対地速度がゼロの時（停船時）に固定物標の相対速度を 1 k n 程度で測定できる速度推定部 25 があるから、成分 $a v c_T(k)$ の値が 1 k n 程度になるような船体 10 の特性、装備位置、海況の場合はアンテナ速度補償部 27 での補償が有効であることになる。

[0047] 図 5 は、計算を簡単にするために、動揺がロールのみであり、アンテナ 21 は船体 10 の重心 11 の真上に装備され、物標 110 が $S y$ 軸上にあると仮定して、をアンテナ 21 のアンテナ速度の方位 $\alpha_T(k)$ の成分 $a v c_T(k)$ を見積もったものである。図 7 に示す直線 $C o 1$, $C o 2$, $C o 3$, $C o 4$, $C o 5$, $C o 6$, $C o 7$ は、アンテナ 21 の高さ $a z$ を 4 m、8 m、16 m、32 m、64 m、128 m としてロールの角速度を変化させたときの計算結果を示している。例えば、ロールの角速度が 10 [deg/sec] でアンテナ 21 の高さが 4 m であれば、成分 $a v c_T(k)$ が 1 k n 以上である。当然、ピッチを考慮すればもっと大きな値になるから、船舶におけるアンテナ 21 のアンテナ速度の補償が有効であることが分かる。ロールだけやピッチだけであれば誤差を無視できる状況であっても、ロールとピッチとが重なる状況においてはアンテナ 21 が船体 10 に対して相対速度を持つことによる誤差を無視できなくなり、物標 110 の絶対速度の補正が必要になるといった状況が多くなる。

[0048] <変形例 1-1>

上記第 1 実施形態のレーダ装置 20 では、アンテナ速度算出部 26 及びアンテナ速度補償部 27 をハードウェアで構成した場合の例について示したが、アンテナ速度算出部 26 及びアンテナ速度補償部 27 の機能をソフトウェアによって実現するようにしてもよい。この場合には、ROM 等の記録媒体からプログラムを読み込んだ CPU 等の制御部は、アンテナ速度算出部 26 及びアンテナ速度補償部 27 の機能（例えば、図 6 に示した一連の処理等）を実現することが可能となる。

[0049] まず、ステップS 1 0では、アンテナ2 1で受信した反射波から送受信部2 3を経て複素エンベロープ信号が生成される。そして、ステップS 1 1では、速度推定部2 5において自己相関法により、複素エンベロープ信号から物標1 1 0の相対速度が推定される。一方、ステップS 1 0及びS 1 1の工程と並行して、ステップS 1 2及びステップS 1 3が実行される。

[0050] ステップS 1 2では、傾きセンサ3 0により、船体1 0のロール角とピッチ角が検出される。次のステップS 1 3（アンテナ速度算出工程）では、アンテナ速度算出部2 6により、ロール角とピッチ角の変化からアンテナ2 1の瞬時速度が算出される。

[0051] ステップS 1 4（アンテナ速度補償工程）では、アンテナ速度補償部2 7により、ステップS 1 1で推定された相対速度について、ステップS 1 3で算出されたアンテナ2 1のアンテナ速度を補償する。そして、ステップS 1 4でのアンテナ速度の補償が行われた相対速度を用いて、ステップS 1 5では、物標1 1 0の絶対速度が絶対速度算出部2 8により算出される。

[0052] <第2実施形態>

上記第1実施形態によるレーダ装置2 0では、傾きセンサ3 0から得られる値を直接用いてアンテナ2 1のアンテナ速度の算出をアンテナ速度算出部2 6において行なう例について説明した。しかし、傾きセンサ3 0から得られる値を直接用いてアンテナ2 1のアンテナ速度の算出を行なうと、アンテナ速度算出部2 6において算出するアンテナ2 1のアンテナ速度が発散するなどの不具合を生じることがある。例えば、傾きセンサ3 0におけるロール角やピッチ角のデータ取得頻度や更新頻度が速度推定部2 5における速度推定の頻度に対して少ない場合にアンテナ2 1のアンテナ速度の発散が起きることがある。また、傾きセンサ3 0によるロール角やピッチ角の検知精度が悪い場合にも上述のような不具合を生じることがある。

[0053] 特に速度推定部2 5において自己相関法を用いて得られる相対速度は、物標1 1 0の瞬時速度である。従って、アンテナ速度算出部2 6で求めるアンテナ2 1のアンテナ速度も瞬時速度である。傾きセンサ3 0は、アンテナ2

1の傾きの測定専用には設けられるものではないことが多く、速度推定部25における速度の推定と同期させるのは難しい。

[0054] そこで、本発明の第2実施形態に係るレーダ装置20Aは、図7に示すように、アンテナ速度算出部26Aにデータ補間部26aを備えている。データ補間部26aは、不連続に得られるロール角及びピッチ角のデータを線形補間して、時間の経過に伴って連続的に変化する曲線を生成する。図8に実線で示す連続的に変化する曲線は、データ補間部26aにおいて、不連続に得られるピッチ角のデータを線形補間して生成されたものである。図8に点線で示されているのが、傾きセンサ30から不連続に得られるピッチ角のデータである。ロール角についても同様に、データ補間部26aにて、傾きセンサ30から不連続に得られるロール角のデータの線形補間が行なわれる。

[0055] 図8の実線で示す連続的な曲線を用いて、アンテナ速度算出部26Aでアンテナ21のアンテナ速度の算出を行なうと、角度が一定のところではアンテナ21の速度補償がゼロになったり、角度が変化するときのみ非常に大きな補償量になったりするのを防止することができる。

[0056] <変形例2-1>

上記第2実施形態のレーダ装置20Aでは、アンテナ速度算出部26A及びアンテナ速度補償部27をハードウェアで構成した場合の例について示したが、アンテナ速度算出部26A及びアンテナ速度補償部27の機能をソフトウェアによって実現するようにしてもよい。その場合、第1実施形態において図6に示した速度測定方法のステップS13については、ロール角とピッチ角のデータの線形補間が行われた後に、ロール角とピッチ角の変化からアンテナ21のアンテナ速度が算出される。

[0057] <第3実施形態>

上記第1実施形態では、傾きセンサ30から得られるデータを常に適切なデータとして用いて、アンテナ速度算出部26においてアンテナ21のアンテナ速度の算出を行なう例について説明した。しかし、傾きセンサ30から得られるデータが必ずしも常に適切であるとは限らない。傾きセンサ30が

ら得られるデータが不適切なときは、アンテナ速度補償部 27 における速度の補償を中断又は中止するように構成してもよい。

[0058] そのために、本発明の第 3 実施形態に係るレーダ装置 20B において、アンテナ速度算出部 26B が、傾きセンサ 30 から得られるデータが適切か不適切かを判断する機能を有する。そのために、図 9 に示すように、アンテナ速度算出部 26B はセンサ情報判定部 26b を有する。例えば、漁船の横揺れの周期は、一般に、総トン数によって異なっている。ある測定データによると、総トン数 20 トンくらいの漁船では 5 ～ 6 秒であるものが総トン数 150 トンくらいの漁船では 8 ～ 9 秒になる。船体 10 の固有の揺れの周期や限界傾斜角から、不適切な横揺れの周期や船体 10 の傾斜角を予め定めておくことができる。

[0059] アンテナ速度算出部 26B のセンサ情報判定部 26b は、予め決められている所定の周期や傾斜角の範囲を、傾きセンサ 30 のデータが外れたときに不適切と判断する。アンテナ速度算出部 26B は、傾きセンサ 30 のデータを不適切とセンサ情報判定部 26b が判断したとき、アンテナ速度補償部 27 に対して補償の中断を要求する。あるいは、アンテナ速度算出部 26B は、センサ情報判定部 26b のデータ不適切の判断に基づき、アンテナ速度補償部 27 に対して補償の中止を要求する。中断とするか、中止とするかの基準は、例えばデータが外れる程度やデータが外れる頻度などにより、予め定められて例えばセンサ情報判定部 26b に設定されている。

[0060] なお、アンテナ速度補償部 27 において補償を中断又は中止する場合であっても、速度推定部 25 の推定した物標 110 の相対速度を用いて絶対速度算出部 28 において絶対速度の算出を行なうよう構成してもよい。

[0061] また、センサ情報判定部 26b は、傾きセンサ 30 から得られる情報を他の方法で不適切と判断するよう構成されてもよい。例えば、センサ情報判定部 26b は、物標 110 が多数ある場合に各物標 110 の相対速度のスキャン毎の変化量の絶対値の総和を、アンテナ速度補償部 27 における補償の前後で比較して、補償をした方が変化量の絶対値の総和が大きくなっているよ

うであれば、補償が正しく行なわれていないと判断するように構成することができる。測定番号 $k-1$ の相対速度 $V_r(k-1)$ から測定番号 k の相対速度 $V_r(k)$ を比較すると、 $V_r(k) - V_r(k-1)$ には、アンテナ 21 のアンテナ速度による変化と実際の相対速度の変化 $\Delta V_r(k)$ が含まれている。補償が正しく行なわれていれば、アンテナ 21 のアンテナ速度による変化がゼロか又はゼロに近づくから、 $V_r(k) - V_r(k-1)$ の絶対値を多数の物標 110 について足し算すると、補償前の方が補償後よりも小さくなる。

[0062] このように、アンテナの速度の補償が不適切になる場合に補償を中断又は中止することによって、不適切な補償によりアンテナ速度補償部 27 の後段の処理において誤差が生じるのを防止することができる。

[0063] <変形例 3-1>

上記第 3 実施形態のレーダ装置 20B では、アンテナ速度算出部 26B 及びアンテナ速度補償部 27 をハードウェアで構成した場合の例について示したが、アンテナ速度算出部 26B 及びアンテナ速度補償部 27 の機能をソフトウェアによって実現するようにしてもよい。その場合、図 6 に示した速度測定方法のステップ S13 については、ロール角とピッチ角のデータが適切か否かの判定を行なった後に、ロール角とピッチ角の変化からアンテナ 21 のアンテナ速度が算出される。そして、データが不適切な場合には、ステップ S14 におけるアンテナの速度の補償は、中断又は中止される。

[0064] <第 4 実施形態>

上記第 1 実施形態では、船体 10 の重心 11 の位置が既知のものとして計算する例について説明した。しかし、船体 10 の重心 11 は、常に同じ位置にあるとは限らない。例えば、貨物船の船体 10 は、貨物の積載量が多ければ重心 11 が下がり、積載量が少なければ重心が上がる。このように、喫水が変化してアンテナ 21 と重心 11 との位置関係が変わる場合があるので、正確な補償をアンテナ速度補償部 27 で行なうには、重心 11 の位置とアンテナ 21 の位置との関係を補正することが必要になる場合がある。また、初

期設定時におけるアンテナ 2 1 と重心 1 1 との位置関係を入力する場合、重心 1 1 とアンテナ 2 1 との位置関係を測定することが容易ではないために、アンテナ 2 1 と重心 1 1 との関係を特定することが困難な場合もある。

[0065] そのために、本発明の第 4 実施形態に係るレーダ装置 2 0 C は、図 1 0 に示すように、アンテナ速度算出部 2 6 C にアンテナ位置データ設定部 2 6 c を備えている。アンテナ位置データ設定部 2 6 c は、可能性のある重心 1 1 の位置とアンテナ 2 1 の位置との関係を幾つか設定して、その中から補償前と補償後の相対速度のスキャン間での変化量が最も小さいものを適切な位置関係として選択する。それにより、重心 1 1 とアンテナ 2 1 との位置を測定などによって特定しなくても、アンテナ速度算出部 2 6 及びアンテナ速度補償部 2 7 での計算に必要な重心 1 1 とアンテナ 2 1 の位置関係を適切に設定することができる。

[0066] <変形例 4 - 1>

上記第 4 実施形態のレーダ装置 2 0 C では、アンテナ速度算出部 2 6 C 及びアンテナ速度補償部 2 7 をハードウェアで構成した場合の例について示したが、アンテナ速度算出部 2 6 C 及びアンテナ速度補償部 2 7 の機能をソフトウェアによって実現するようにしてもよい。その場合、図 6 に示した速度測定方法のステップ S 1 3 については、重心 1 1 とアンテナ 2 1 との距離を複数設定してアンテナ 2 1 のアンテナ速度の算出が行なわれる。そして、ステップ S 1 4 でも、複数設定された重心 1 1 とアンテナ 2 1 との距離に対応する複数のアンテナ速度を用いて補償が行われる。そして、その中から補償前と補償後の相対速度のスキャン間での変化量が最も小さいものが適切な位置関係として選択される。

符号の説明

[0067] 1 0 船体
2 0 船舶用レーダ装置
2 1 アンテナ
2 5 速度推定部

2 6 アンテナ速度算出部

2 7 アンテナ速度補償部

3 0 傾きセンサ

先行技術文献

特許文献

[0068] 特許文献1：特開平5－333144号公報

請求の範囲

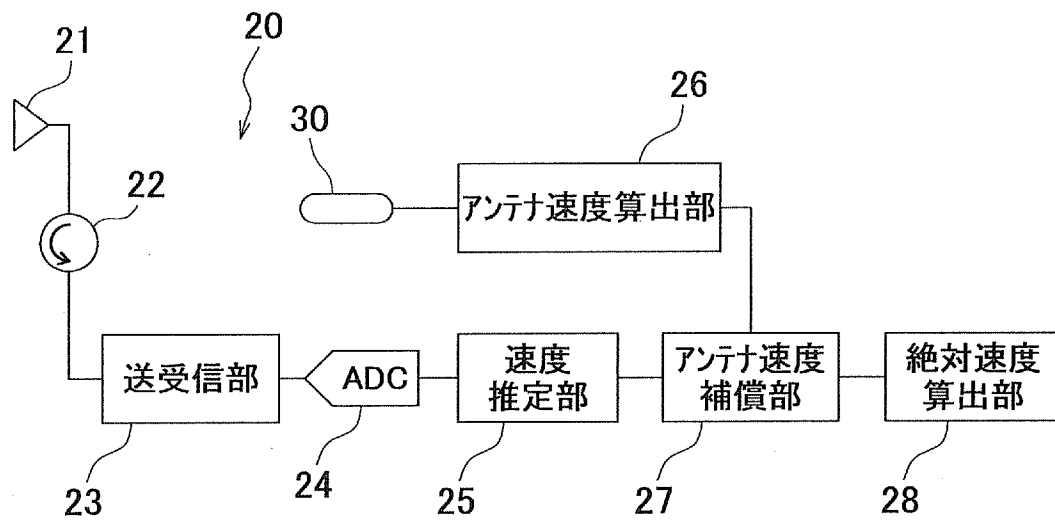
- [請求項1] 船体の上方に設置され、電磁波を送受信するアンテナと、
前記船体のロール角とピッチ角を検出するためのセンサと、
検出された前記船体のロール角とピッチ角を用いて前記船体の重心に対する前記アンテナの速度であるアンテナ速度を算出するアンテナ速度算出部と、
前記アンテナで受信した反射波を用いて得られる前記船体と物標との相対速度について、算出された前記アンテナ速度を補償するアンテナ速度補償部と、を備える、船舶用レーダ装置。
- [請求項2] 前記アンテナ速度算出部は、検出された前記船体の傾きから得られる前記アンテナの傾きのデータを補間してから前記アンテナ速度を算出する、請求項1に記載の船舶用レーダ装置。
- [請求項3] 前記アンテナ速度算出部は、前記船体の傾きの検出結果が適切か不適切かを判断して、不適切なときには前記アンテナ速度補償部におけるアンテナ速度の補償を中止又は中断する、請求項1又は請求項2に記載の船舶用レーダ装置。
- [請求項4] 前記アンテナ速度算出部は、前記船体の重心から前記アンテナまでの距離を用いて前記アンテナ速度を算出する、請求項1から3のいずれか一項に記載の船舶用レーダ装置。
- [請求項5] 前記アンテナ速度算出部は、前記船体の重心から前記アンテナまでの距離を、特定の物標に対して所定回数のスキャンを行なったときの前記特定の物標の速度の最大値と最小値の差が小さくなるように調整して、前記アンテナ速度を算出する、請求項4に記載の船舶用レーダ装置。
- [請求項6] 前記アンテナで受信した前記物標の反射波の受信信号に自己相関法を適用して所定方向について前記船体と物標との相対速度を推定する相対速度推定部をさらに備え、
前記アンテナ速度補償部は、前記相対速度推定部で算出される相対

速度に対して前記アンテナ速度の補償を行う、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の船舶用レーダ装置。

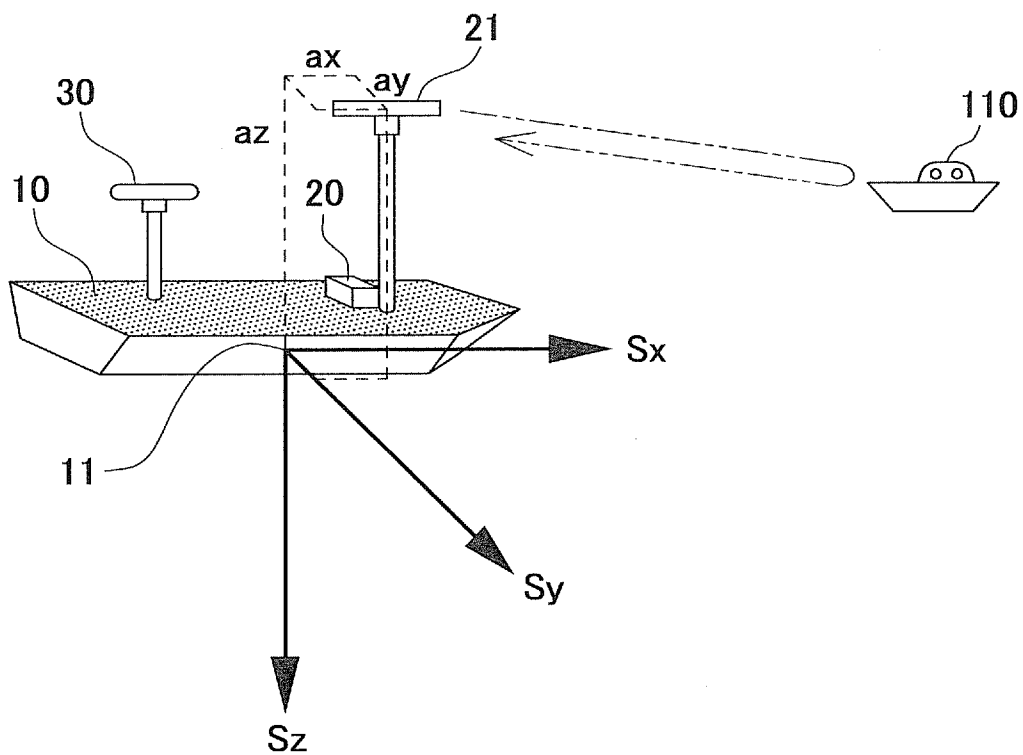
[請求項7] 前記アンテナ速度補償部で補償された後の前記物標との相対速度から、前記船体の速度を引き算することにより、前記物標の対地速度を前記所定方向について求める絶対速度算出部をさらに備える、請求項 6 に記載の船舶用レーダ装置。

[請求項8] 船体のロール角とピッチ角を検出する傾き検出工程と、
検出された前記船体のロール角とピッチ角を用いて前記船体の上方に設置されているアンテナの前記船体の重心に対する速度であるアンテナ速度を算出するアンテナ速度算出工程と、
前記アンテナで受信した反射波を用いて得られる前記船体の相対速度について、算出された前記アンテナ速度を補償するアンテナ速度補償工程と、を備える、速度測定方法。

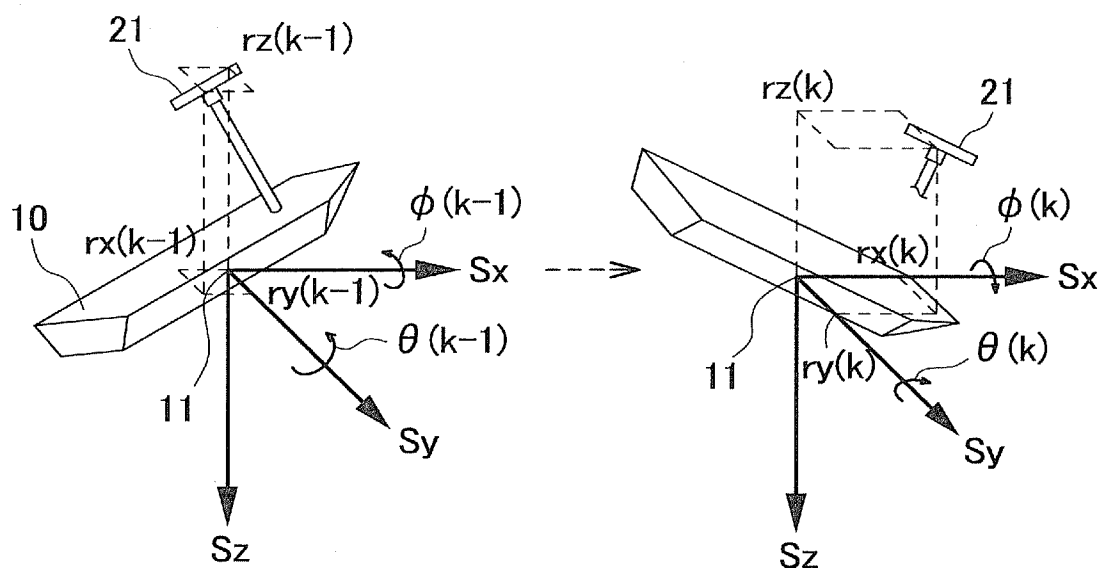
[図1]



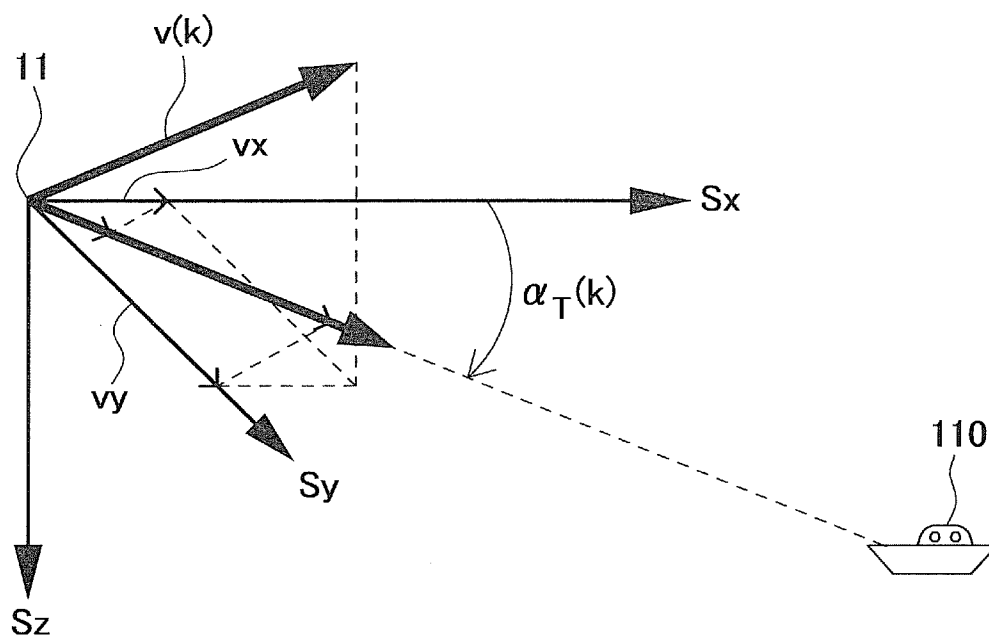
[図2]



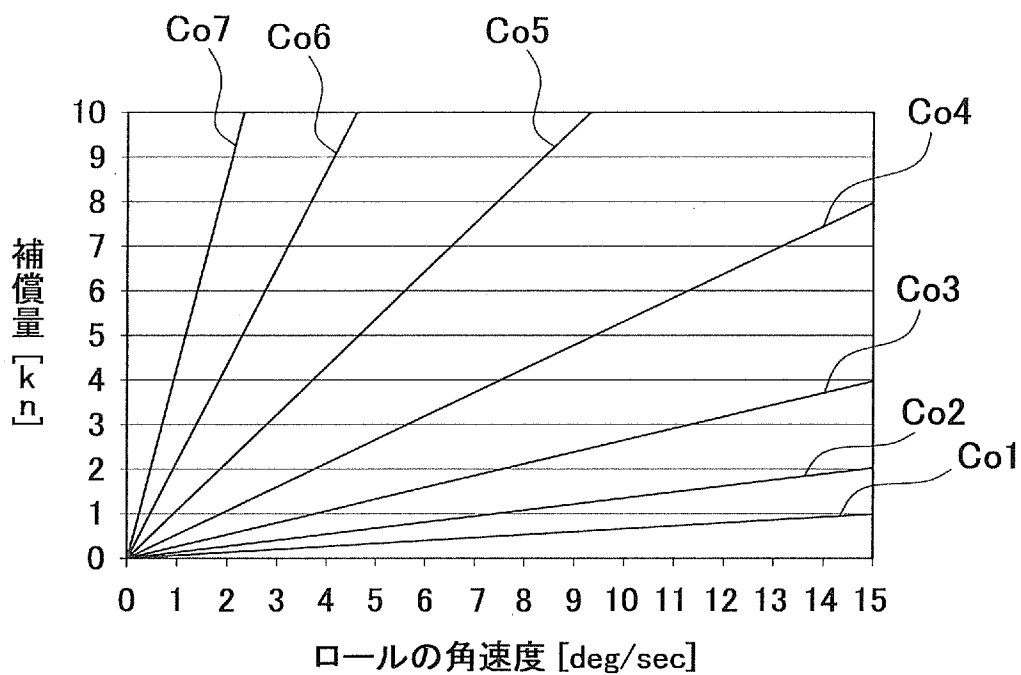
[図3]



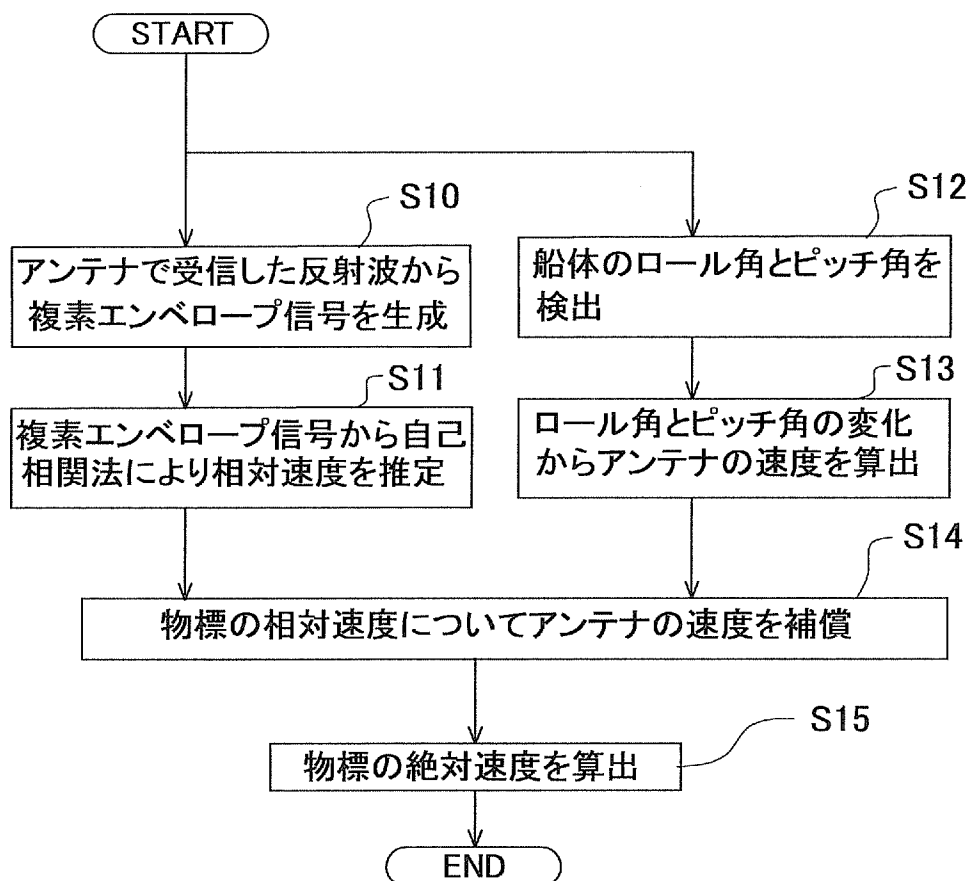
[図4]



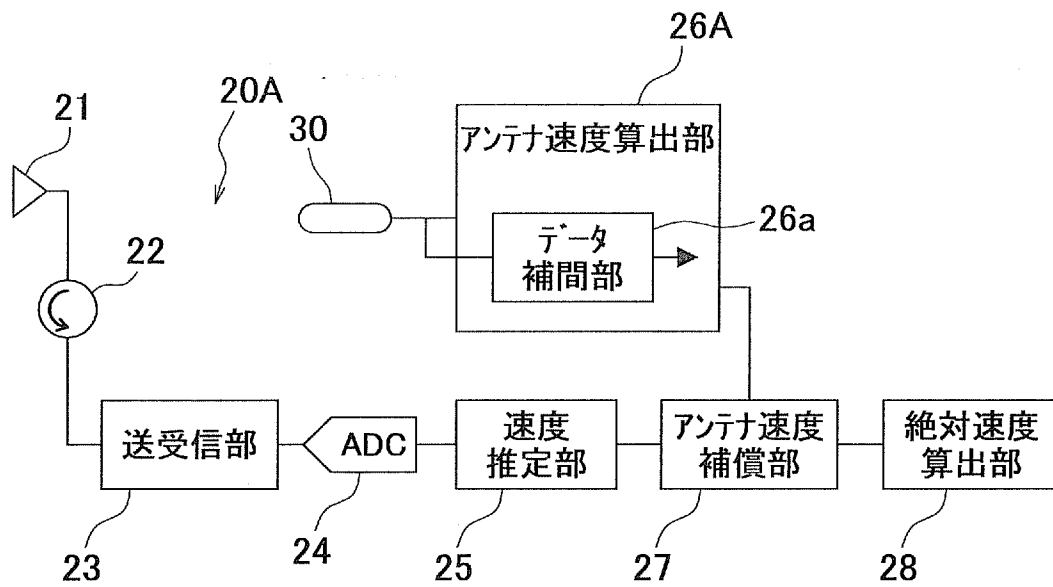
[図5]



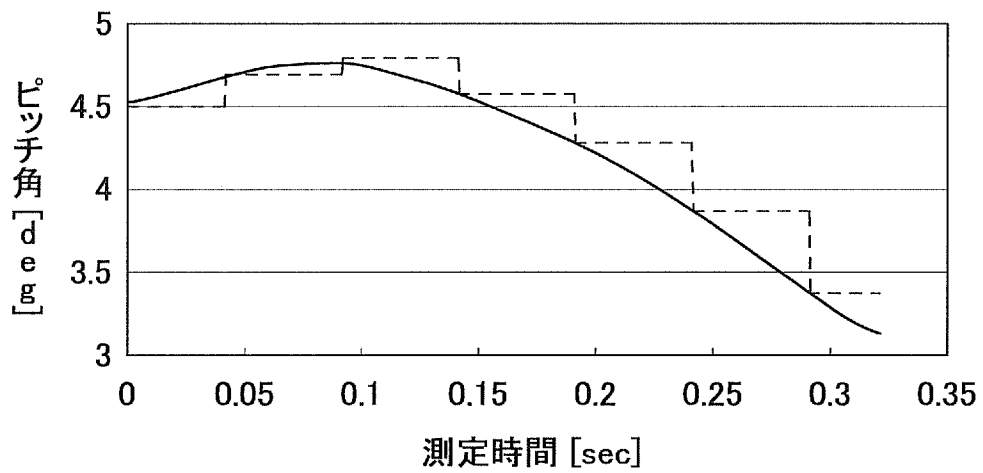
[図6]



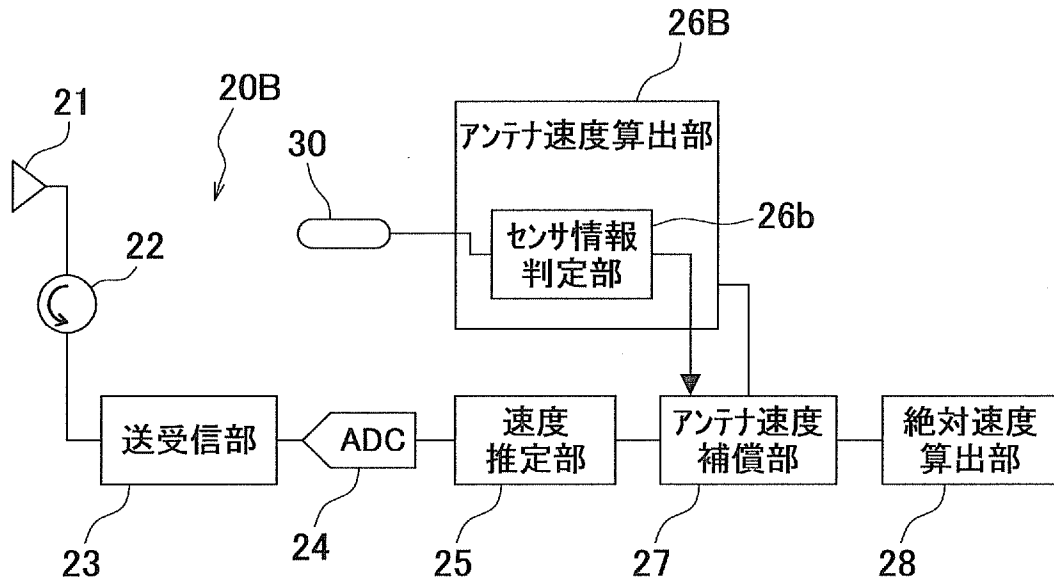
[図7]



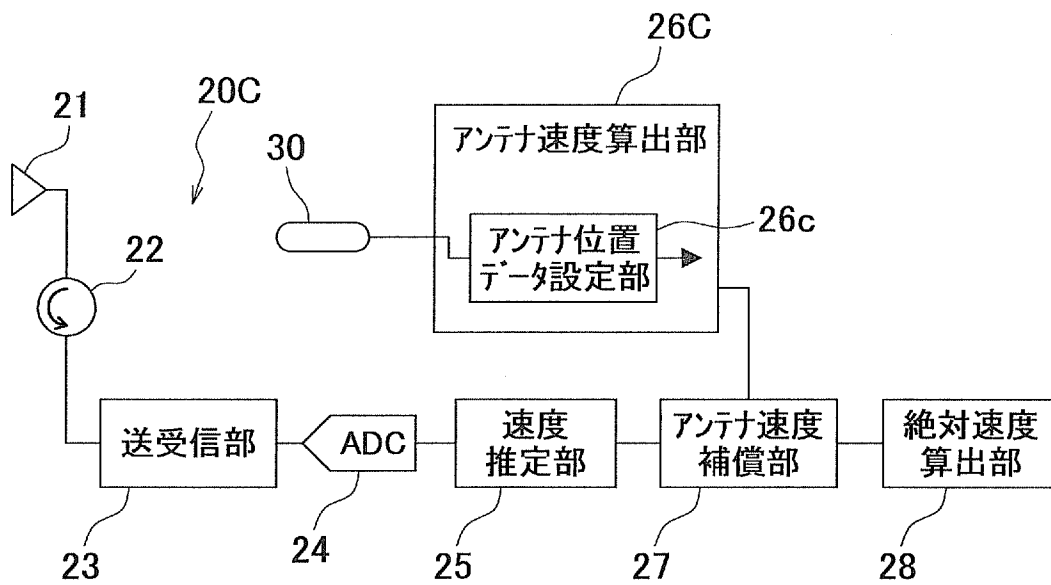
[図8]



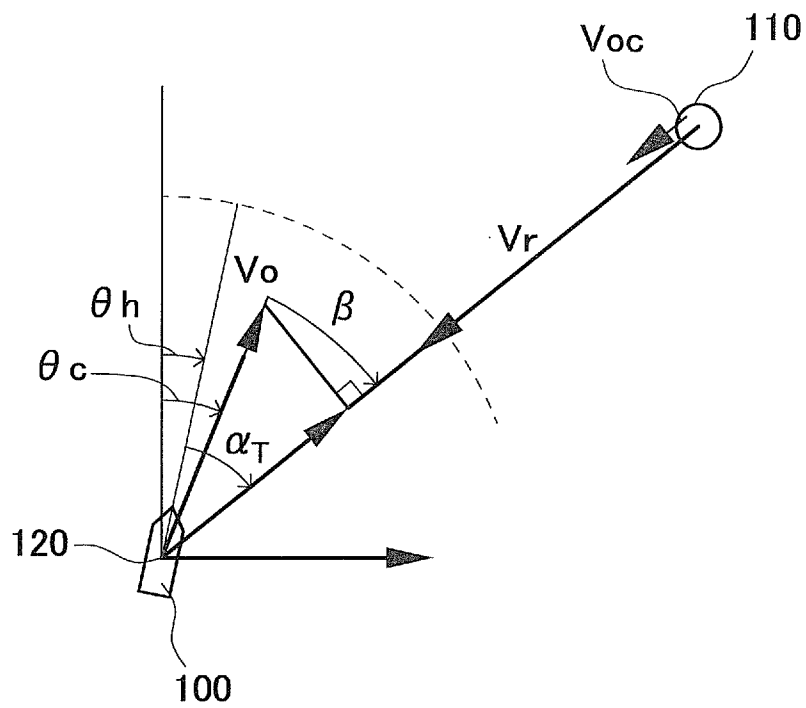
[図9]



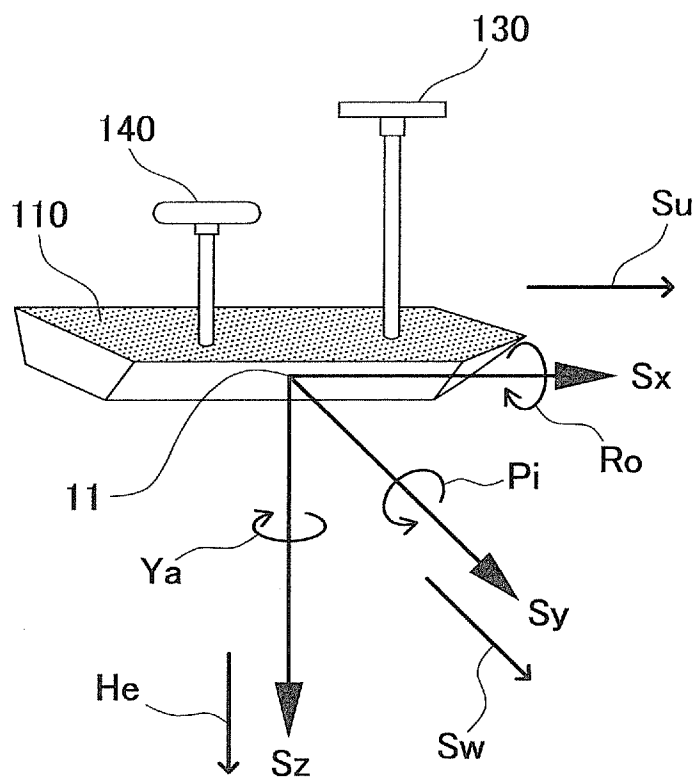
[図10]



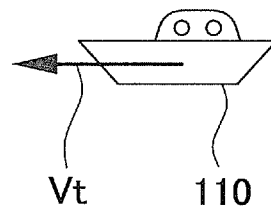
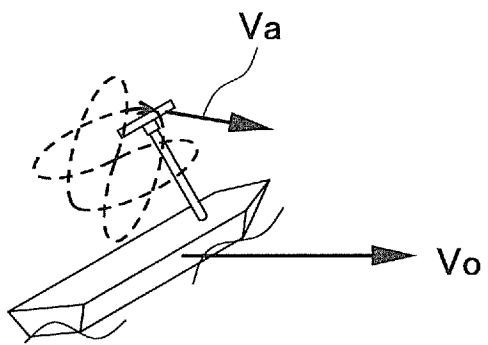
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/074312

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/60(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S3/00-3/74, G01S5/00-5/14, G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, G01S19/00-19/55

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-62527 A (Toshiba Corp.), 06 March 1998 (06.03.1998), paragraphs [0001], [0008] to [0025]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-8
Y	JP 2011-215113 A (Furuno Electric Co., Ltd.), 27 October 2011 (27.10.2011), paragraphs [0045] to [0061] (Family: none)	1-8
Y	JP 2003-161774 A (Japan Radio Co., Ltd.), 06 June 2003 (06.06.2003), paragraph [0022] (Family: none)	2-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 October, 2013 (02.10.13)

Date of mailing of the international search report
15 October, 2013 (15.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/074312

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-94934 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 09 April 1999 (09.04.1999), paragraph [0015] (Family: none)	6, 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S13/60(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S3/00-3/74, G01S5/00-5/14, G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, G01S19/00-19/55

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 10-62527 A（株式会社東芝）1998.03.06, 【0001】、【0008】－【0025】、【図1】－【図3】（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2011-215113 A（古野電気株式会社）2011.10.27, 【0045】－【0061】（ファミリーなし）	1-8
Y	JP 2003-161774 A（日本無線株式会社）2003.06.06, 【0022】（ファミリーなし）	2-7

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 2 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

三田村 陽平

2 S

4 0 0 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 11-94934 A (株式会社村田製作所) 1999. 04. 09, 【0 0 1 5】 (ファミリーなし)	6, 7