

(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2012-185029

(P2012-185029A)

(43) 公開日 平成24年9月27日(2012.9.27)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO1S 13/34 (2006.01)	GO1S 13/34	5J070
GO1S 13/93 (2006.01)	GO1S 13/93	Z
GO1S 7/02 (2006.01)	GO1S 7/02	F

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-48132(P2011-48132)
 (22) 出願日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(71) 出願人 000237592
 富士通テン株式会社
 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100119987
 弁理士 伊坪 公一
 (74) 代理人 100114018
 弁理士 南山 知広
 (74) 代理人 100151459
 弁理士 中村 健一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーダ装置

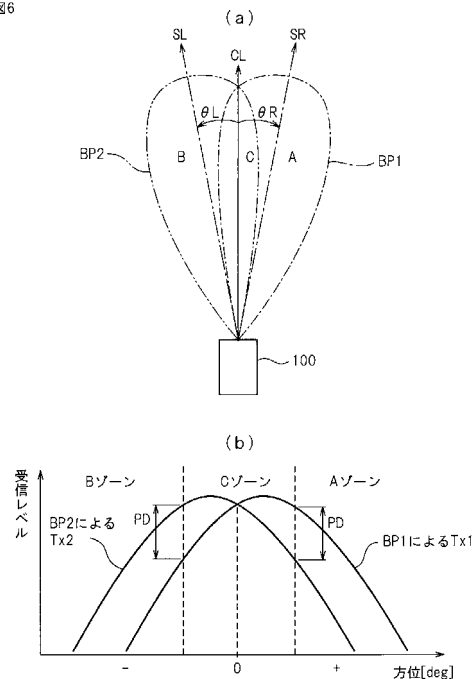
(57) 【要約】

【課題】受信アンテナが受信した位相折り返しゴーストを、ビームパターンの異なる電波を送信することによって判定し、レーダ装置の精度向上を図る。

【解決手段】到来波を複数のアンテナで受信した反射波の位相差から物標の角度を算出して物標位置を検出する電子スキャン方式のレーダ装置において、送信アンテナを2本設けてそれぞれからビームパターンの異なる電波を交互に送信し、2つのビームパターンBP1, BP2による反射波を受信した各受信信号から反射波それぞれの到来角度、受信レベル及びレベル差を算出し、受信された反射波の受信レベル差が、到来角度を合わせた上で所定のレベル差以上か否かを判定し、判定結果に応じて反射波の到来角度に実在しない物標を検出するレーダ装置である。2つのビームパターンは送信軸を左右に傾けることによって実現できる。

【選択図】 図6

図6



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電波を送信し、反射波を複数の受信アンテナで受信した各受信信号の位相差に基づいて物標の角度を算出して物標位置を検出する電子スキャン方式のレーダ装置において、

電波を送受信するアンテナ部に 2 本の送信アンテナを設けると共に、

前記 2 本の送信アンテナから、ビームパターンの異なる第 1 のビームパターンの電波と第 2 のビームパターンの電波を交互に送信する送信手段と、

前記第 1 のビームパターンによる反射波を受信した各受信信号から算出した反射波の到来角度と受信レベルを算出する第 1 の受信手段と、

前記第 2 のビームパターンによる反射波を受信した各受信信号から算出した反射波の到来角度と受信レベルを算出する第 2 の受信手段と、

前記第 1 と第 2 の受信手段によって算出された受信レベル同士を、前記反射波の到来角度を合わせて比較し、両者のレベル差が所定の受信レベル差以上か否かを判定する比較手段と、

前記比較手段の判定結果に応じて、反射波の到来角度に物標が実在するか否かを判定する判定手段とを設けたことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】

前記第 1 のビームパターンと前記第 2 のビームパターンは、ビームパターンの形状が同じであり、前記レーダ装置の正面を 0 度として、前記第 1 のビームパターンの送信軸は右側に所定角度傾け、前記第 2 のビームパターンの送信軸は左側に同じ角度傾けたものであることを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 3】

前記第 1 のビームパターンと前記第 2 のビームパターンとは、前記レーダ装置の正面において重なり合う領域を持たせたことを特徴とする請求項 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】

前記判定手段は、

前記第 1 と第 2 の受信手段によって受信された反射波の受信レベルの差の絶対値が基準レベルより小さい時、受信された反射波の到来角度に物標が実在すると判定し、

前記第 1 と第 2 の受信手段によって受信された反射波の受信レベルの差の絶対値が前記基準レベルより大きい時、受信された反射波の到来角度に物標が実在しないと判定することを特徴とする請求項 3 に記載のレーダ装置。

【請求項 5】

前記第 1 のビームパターンと前記第 2 のビームパターンは送信軸が同じであり、前記第 1 のビームパターンはビームの送信幅が前記第 2 のビームパターンのビームの送信幅よりも狭く、かつ送信出力が第 2 のビームパターンの送信出力よりも大きく、前記レーダ装置の正面において重なり合う領域を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 6】

前記判定手段は、

前記第 1 の受信手段によって受信された反射波の受信レベルが前記第 2 の受信手段によって受信された反射波の受信レベルよりも大きい時に、反射波の到来角度に物標が実在すると判定し、そうでない時には反射波の到来角度に物標が実在しないと判定することを特徴とする請求項 5 に記載のレーダ装置。

【請求項 7】

前記第 1 のビームパターンと前記第 2 のビームパターンは送信軸が同じであり、前記第 1 のビームパターンは、ビームの送信幅が前記第 2 のビームパターンのビームの送信幅よりも狭く、かつ送信出力が第 2 のビームパターンの送信出力と同じであり、前記レーダ装置の前方において重なり合う領域を備えることを特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

。

【請求項 8】

前記判定手段は、

前記判定手段は、

10

20

30

40

50

前記第 1 と第 2 の受信手段によって受信された反射波の受信レベルの差が基準値より大きい時、受信された反射波の到来角度に物標が存在しない判定することを特徴とする請求項 7 に記載のレーダ装置。

【請求項 9】

電波を送信し、反射波を複数の受信アンテナで受信した各受信信号の位相差に基づいて物標の角度を算出して物標位置を検出する電子スキャン方式のレーダ装置において、

電波を送受信するアンテナ部に 2 本の送信アンテナを設けると共に、

前記 2 本の送信アンテナから、ビームパターンの異なる第 1 のビームパターンの電波と第 2 のビームパターンの電波を交互に送信する送信手段と、

前記第 1 のビームパターンによる反射波を受信した各受信信号から算出した反射波の到来角度と受信レベルを算出する第 1 の受信手段と、

前記第 2 のビームパターンによる反射波を受信した各受信信号から算出した反射波の到来角度と受信レベルを算出する第 2 の受信手段と、

前記第 1 と第 2 の受信手段によって算出された受信レベル同士を、前記反射波の到来角度を合わせて比較する比較手段と、

前記比較手段による比較結果に基づき、反射波の到来角度に物標が実在するか否かを判定する判定手段とを設けたことを特徴とするレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はレーダ装置に関し、特に、車両から送信した電波の、物標からの反射電波を複数の受信アンテナで受信して物標の位置を検出するレーダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、先行する車両や前方にある障害物（物標）、或いは後方からの接近車両等の物標と自分が運転する車両（自車）との間の距離と方向を常時測定し、衝突を防止したり自動走行を行うレーダ装置がある。このようなレーダ装置では、自車に設置したアンテナから電波を送信し、物標に当たって反射した反射波をアンテナで受信し、受信して得られた信号に対して信号処理を行い、反射波の到来方向を推定して物標を検出していた。反射波の到来方向を推定する方法には、DBF法、Capon法、線形予測（LP）法、最小ノルム法、MUSIC法、ESPRIT法、及びPRISM法が知られている。

DBF: Digital Beam Forming

LP: Linear Prediction

MUSIC: Multiple Signal Classification

ESPRIT: Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques

PRISM: Propagator method based on an Improved Spatial-smoothing Matrix

【0003】

車載レーダ装置では、送信した電波（ビーム）に広がりがある場合は、検知対象領域外の物標をも検知してしまう。例えば、検知対象領域を自車両が走行する走行車線に設定した場合、当該走行車線外にある障害物までも検知するため、検知された障害物が走行車線上の障害物か否かを区別する必要がある。）このため、特許文献 1 に記載された車載用障害物検知装置では、電波を送信して対象物までの距離を測定する測距手段と、対象物で反射した電波の受信電波強度を検出する受信電波強度検出手段とを備え、計測された距離に応じて受信した電波の強度の変化から、検知された対象物が本来検知すべき車両なのかそれとも走行車線外にある障害物なのかを判断している。

【0004】

特許文献 1 に開示の車載レーダ装置は、障害物によって反射された電波を単一のアンテナで受信する方式のものである。これに対して、自車の前方に送信した送信電波と、物標に当たって反射した電波を複数のアンテナで受信し、得られた複数の受信電波間の位相差から物標の角度（自車の進行方向からどれだけずれているかの角度）を算出する電子スキ

ャンレーダ（例えば特許文献2）がある。電子スキャンレーダでは、複数の受信アンテナを用いて行う位相差の検出は、 ± 180 [deg]で行って物標検出を行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平2005-697398号公報（図1～図4）

【0006】

【特許文献2】特開平2006-91029号公報（図1、図3）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところが、複数の受信アンテナを用いた電子スキャンレーダにおいて、物標からの反射波を受信して電波の到来方向を推定する場合、位相差の検出範囲は ± 180 [deg]である。このため、送信電波から 360 [deg]以上の位相差がある電波、例えば 420 [deg]の位相差がある電波が受信されると、この電波は 420 [deg]から 360 [deg]を引いた 60 [deg]の位相差がある受信電波と誤検出されてしまい、物標の角度が誤検出されるという問題点がある。

【0008】

この問題点を解消するために、複数の受信アンテナのアンテナ間隔を狭くする（検知できる角度範囲を広げる）ことが考えられるが、アンテナ間隔を狭くすると受信アンテナ間で受信電波の干渉が起きて電力、位相の精度が落ち、レーダ装置で求められている角度推定精度が落ちて分解性能を満たすことができなくなるので、良い対策ではなかった。

【0009】

そこで本発明は、送信した電波の反射波を複数のアンテナで受信した受信信号の位相差から物標の角度を算出して物標位置を検出する電子スキャン方式のレーダ装置における前記従来の問題点を解消し、受信アンテナに 360 [deg]以上の位相差を持つ電波が受信された場合でも、各アンテナの受信信号の強度によって正しい物標かそうでないかを判別することができ、電子スキャン方式のレーダ装置の精度向上を図ることを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

前記目的を達成する本発明のレーダ装置は、電波を送信し、反射波を複数の受信アンテナで受信した各受信信号の位相差に基づいて物標の角度を算出して物標位置を検出する電子スキャン方式のレーダ装置において、電波を送受信するアンテナ部に2本の送信アンテナを設けると共に、2本の送信アンテナから、ビームパターンの異なる第1のビームパターンの電波と第2のビームパターンの電波を交互に送信する送信手段と、第1のビームパターンによる反射波を受信した各受信信号から算出した反射波の到来角度と受信レベルを算出する第1の受信手段と、第2のビームパターンによる反射波を受信した各受信信号から算出した反射波の到来角度と受信レベルを算出する第2の受信手段と、第1と第2の受信手段によって算出された受信レベル同士を、反射波の到来角度を合わせて比較し、両者のレベル差が所定の受信レベル差以上か否かを判定する比較手段と、比較手段の判定結果に応じて、反射波の到来角度に物標が実在するか否かを判定する判定手段とを設けたことを特徴としている。

【発明の効果】

【0011】

本出願のレーダ装置によれば、送信した電波の反射波を複数のアンテナで受信した受信信号の位相差から物標の角度を算出して物標位置を検出する電子スキャン方式のレーダ装置において、2本の送信アンテナによってビームパターンの異なる電波を送信するので、受信アンテナに 360 [deg]以上の位相差を持つ反射波が受信された場合でも、送信電波のビームパターンの相違による各アンテナの受信信号の強度に基づいて、正しい物標

10

20

30

40

50

かそうでないかを判別することができ、電子スキャン方式のレーダ装置の精度向上を図ることができるという効果がある。

【0012】

この場合、2本の送信アンテナから送信するビームパターンを、例えば一方からは送信ビームパターンの広いもの、他方からはビームパターンの狭いものを送信する、或いは、2本の送信アンテナの検知範囲をずらすことにより、複数の受信アンテナによって受信された受信信号に360 [deg]以上の位相差を持つ反射波の受信信号が含まれる場合でも、各アンテナの受信信号の方位毎の受信強度を基準にして、正しい物標かそうでないかを判別することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の一実施形態に係るFMCW方式のレーダ装置の構成を示す構成図である。

【図2】(a)は図1に示したレーダ装置の送信部から放射される送信信号の波形図、(b)は物標で反射された反射信号の時間に対する周波数変化及びミキサにおけるビート信号を示す波形図、(c)は図1に示した1つの受信アンテナの個別受信部から出力されたUPビートとDOWNビートをFFT処理した結果を示す周波数スペクトラムの波形図である。

【図3】物標から反射された反射波を等間隔に設置された複数のアンテナで受信し、これを従来の角度推定方式で処理した場合の角度に対するスペクトラムの大きさを示す特性図である。

【図4】図1の方位演算部において、UPビート側のピーク情報とDOWNビート側のピーク情報がペアリングされる状況を説明する図である。

【図5】(a)は実際の位相差が360 [deg]を越える到来波がレーダに180 [deg]未達の位相差として認識される状態を説明する図、(b)は(a)において誤った位相差で認識された到来波の方向を示す図である。

【図6】(a)は図1に示した2つのアンテナから送信される送信波の2つのビームパターンの第1の実施例を示す図、(b)は(a)に示した2つのビームパターンによる反射信号の方位に対する受信レベルを示す図である。

【図7】本発明のレーダ装置において第1の実施例のビームパターンを使用した場合の折り返しゴースト判定の手順の一例を示すフローチャートである。

【図8】(a)は従来のレーダ装置において折り返しゴーストが発生している状態を示す図、(b)は本発明のレーダ装置における物標位置の出力図である。

【図9】(a)は図1に示した2つのアンテナから送信される送信波の2つのビームパターンの第2の実施例を示す図、(b)は(a)に示した2つのビームパターンによる反射信号の方位に対する受信レベルを示す図、(c)は(a)に示した2つのアンテナから送信される送信波の2つのビームパターンの第2の実施例の変形例を示す図、(d)は(c)に示した2つのビームパターンによる反射信号の方位に対する受信レベルを示す図である。

【図10】(a)は本発明のレーダ装置において第2の実施例のビームパターンを使用した場合の折り返しゴースト判定の手順の一例を示すフローチャート、(b)は本発明のレーダ装置において第2の実施例の変形例のビームパターンを使用した場合の折り返しゴースト判定の手順の一例を示す部分フローチャートである。

【図11】(a)は図1に示したレーダ装置の前方の0 [deg]と33.34 [deg]の位置に2つの大きさの異なるコーナリフレクタを置いた評価装置の構成を示す図、(b)は(a)に示した2つのアンテナから送信するビームパターンの例を示す図である。

【図12】(a)は図11(a)の評価試験構成において図11(b)に示す2つのアンテナから異なるビームパターンを送信した場合の0 [deg]に置いた物標からの反射波の受信レベルを示す図、(b)は図11(a)の評価試験構成において図11(b)に示す2つのアンテナから異なるビームパターンを送信した場合の33.34 [deg]に置

10

20

30

40

50

いた物標からの反射波の受信レベルを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

以下、添付図面を用いて本出願の実施の形態を、具体的な実施例に基づいて詳細に説明する。

図1に本発明の一実施形態のレーダ装置100の構成を示す。この実施形態のレーダ装置100は、送信部S、受信部R及び信号処理装置Pから構成されている。信号処理装置Pは、詳細な構成の図示は省略するが、マイクロコンピュータを備えて構成されており、フーリエ変換部9、ピーク抽出部10、方位演算部15、距離・相対速度演算部30及び送受信制御部20がある。

【0015】

送信部Sは、発振器5、信号生成部25、2本の送信アンテナ1A、1B及び切換スイッチSWを備えている。信号生成部25は信号処理装置Pにある送受信制御部20によって制御される。信号生成部25は三角波状の変調信号(三角波)を送信信号として発振器5に供給して周波数変調を行う。発振器5からの送信信号は、切換スイッチSWの切り換えにより送信アンテナ1A、1Bの何れか一方から送信されて電波(送信波WA、WB)として送信される。切換スイッチSWは、信号生成部25で生成される三角波の1周期毎に送受信制御部20からの信号によって切り換えられるようになっており、発振器5において生成されて送信アンテナ1A、1Bから送信される電波のビームパターンは後述するように異なるものとなっている。この実施形態では、FMCW方式が用いられており、発振器5は、信号生成部25の三角波により一定の繰り返し周期で変化する送信波Wを発生する。したがって、送信波Wは発振器5の無変調時の発信周波数を中心として所定の繰り返し周期で周波数が上下するFMCW波である。この送信波Wは、図示しない送信機で電力増幅された後に送信アンテナ1から目標に向けられて送信(放射)されることもある。

【0016】

この実施形態のレーダ装置100は、車両に搭載されたものであり、送信波Wはレーダ装置100を搭載した車両の前方又は後方に向けて送信される。送信アンテナ1から前方に送信された送信波Wは、図示せぬ物標、例えば先行車両や静止物等で反射され、反射波RWが車両に向かって戻り、レーダ装置100の受信部Rで受信される。

【0017】

受信部Rは、n個の受信アンテナA1~Anを備えたアレーアンテナ3とこれに接続する個別受信部R1~Rnとから構成される。個別受信部R1~Rnの各個には、ミキサM1~Mn及びA/D変換器(図にはA/Dと記載)C1~Cnがある。アレーアンテナ3によって受信された反射波RW1~RWnから得られた受信信号は、図示しないローノイズアンプで増幅された後にミキサM1~Mnに送られる。ミキサM1~Mnには送信部Sの発振器5からの送信信号が入力されており、ミキサM1~Mnにおいて送信信号と受信信号とがそれぞれミキシングされ、送信信号の周波数と受信信号の周波数との差を周波数として持つビート信号が得られる。ミキサM1~Mnからのビート信号はA/D変換器C1~Cnでデジタル受信信号X1~Xnに変換された後に、フーリエ変換部9の高速フーリエ変換器に供給され、ここでデジタル受信信号X1~Xn毎に高速フーリエ変換による周波数分析(FFT処理)が行われる。

【0018】

この実施形態のレーダ装置100では、物標が移動している場合、反射波RWの周波数には、物標と自車との相対速度に比例するドップラー周波数成分が含まれる。また、本実施形態では変調方式としてFMCWを採用しているため、この周波数推移がリニアチャープである場合、反射波RWの周波数にはドップラー成分に加え、送信波が物標と自車との相対距離を伝搬する事によって付加される遅延時間を反映した周波数成分も含まれる。前述した如く、送信信号はリニアチャープ信号であるから、送信波Wの周波数は、図2(a)の波形図に実線で示されるように、周波数が直線的に上昇する期間(上昇区間)と、下降する期間(下降区間)とを繰り返す。具体的には、上昇区間と下降区間からなる送信1

10

20

30

40

50

周期の区間は送信アンテナ 1 A による送信波 W A を送信し、次の 1 周期の区間は送信アンテナ 1 B による送信波 W B を送信する。以後も送信アンテナ 1 A と 1 B を 1 周期毎に交互に切り換えて送信する。そして、反射波 R W は、図 2 (a) の波形図に破線で示されるように、送信波 W に比べ、相対速度によるドップラー周波数推移とともに相対距離による時間遅延との双方の影響を同時に受けるので、送信波 W と反射波 R W との間の周波数の差は、一般に上昇区間と下降区間で異なる値を取る。

【 0 0 1 9 】

即ち、送信波 W と反射波 R W の周波数の差の周波数は、上昇区間は f_{up} 、下降区間は f_{down} となる。従って、各ミキサ M 1 ~ M n においては、遅延時間に基づく周波数にドップラー周波数が重畳された図 2 (b) の波形図に示されるビート信号が得られる。上昇区間におけるビート信号は UP ビート、下降区間におけるビート信号は DOWN ビートと呼ばれる。なお、図 2 (a)、(b) の場合には、UP ビートの周波数 f_{up} よりも DOWN ビートの周波数 f_{down} の方が大きくなっており、物標との相対距離が小さくなる方向（接近方向）の相対速度を示している。

10

【 0 0 2 0 】

各ミキサ M 1 ~ M n において得られた UP ビートと DOWN ビートのビート信号は、前述のように A / D 変換器 C 1 ~ C n でデジタル受信信号 X 1 ~ X n に変換された後に、フーリエ変換部 9 に供給される。フーリエ変換部 9 では、各ミキサ M 1 ~ M n からの UP ビート周波数 f_{up} 成分と DOWN ビート周波数 f_{down} 成分がそれぞれ高速フーリエ変換器に供給され、ここでデジタル受信信号 X 1 ~ X n 毎に、高速フーリエ変換による周波数分析（FFT 処理）が行われる。ここで、受信アンテナ A 1 の FFT 処理の結果を図 2 (c) に示す。図 2 (c) の上側の波形図は、UP ビート周波数 f_{up} 成分から得られる周波数スペクトラムを示しており、図 2 (c) の下側の波形図は、DOWN ビート周波数 f_{down} 成分から得られる周波数スペクトラムを示している。

20

【 0 0 2 1 】

図 2 (c) に示すように、アンテナ A 1 の UP ビートの FFT 結果の周波数スペクトラムには、UP 周波数 f_{u1} 、 f_{u2} 、 f_{u3} にそれぞれピーク P_{u11} 、 P_{u12} 、 P_{u13} がある。受信アンテナ A 2 ~ A n についても同じピーク周波数を持つ同様な FFT 結果が得られる。例えば、アンテナ A 2 では UP 周波数 f_{u1} 、 f_{u2} 、 f_{u3} にそれぞれピーク P_{u21} 、 P_{u22} 、 P_{u23} がある FFT 結果が得られる。また、アンテナ A 1 の DOWN ビートの FFT 結果の周波数スペクトラムには、DOWN 周波数 f_{d1} 、 f_{d2} にそれぞれピーク P_{d11} 、 P_{d12} がある。受信アンテナ A 2 ~ A n についても同じピーク周波数を持つ同様な FFT 結果が得られる。例えば、アンテナ A 2 では DOWN 周波数 f_{d1} 、 f_{d2} にそれぞれピーク P_{d21} 、 P_{d22} がある FFT 結果が得られる。

30

【 0 0 2 2 】

すなわち、各受信アンテナ A 1 ~ A n は同じ物標からの反射波 R W を受信するため、FFT 処理では同じピーク周波数を有する同じ形状の周波数スペクトラムが得られる。ただし、受信アンテナに応じて反射波の位相が異なるため、同じ周波数のピークを持つ位相情報は受信アンテナ毎に異なる。

【 0 0 2 3 】

図 1 に戻って、フーリエ変換部 9 の出力は、ピーク抽出部 10 に供給される。ピーク抽出部 10 では、受信アンテナ A 1 ~ A n 毎に、FFT 処理で得られた周波数スペクトラムにおいて、UP ビート、DOWN ビートのそれぞれで所定パワー以上のピークを抽出し、抽出したピークの周波数、パワー、位相情報（以下、ピーク周波数情報という）を抽出する。ピーク抽出部 10 において抽出されたピーク周波数情報は、方位演算部 15 に供給される。

40

【 0 0 2 4 】

周波数スペクトラムにおける 1 つのピークには通常複数の物標の情報が含まれるため、1 つのピークから物標を分離し、分離した物標の角度を推定する必要がある。そのため、方位演算部 15 では、全受信アンテナ A 1 ~ A n で UP 側、DOWN 側それぞれで同じ周

50

波数を有するピークのピーク周波数情報（例えば、UPビートの場合は、 P_{u11} 、 P_{u21} 、 \dots 、 P_{un1} 、DOWNビートの場合は、 P_{d11} 、 P_{d21} 、 \dots 、 P_{dn1} ）を基に、図3に示すような角度スペクトラムが演算により求められる。角度スペクトラムの求め方としては、Capon法、DBF法等の方式を用いることができる。図3における実線がUPピーク周波数 f_{u1} （ P_{u11} 、 P_{u21} 、 \dots 、 P_{un1} ）の角度スペクトラムを示し、破線がDOWNピーク周波数 f_{d1} （ P_{d11} 、 P_{d21} 、 \dots 、 P_{dn1} ）の角度スペクトラムを示している。

【0025】

方位演算部15では、図3に示される角度スペクトラムにおいて、閾値以上のパワーを持つピーク、ここではピーク P_1 、 P_2 を物標と判断し、その角度、パワーを抽出する。更に詳しく述べると、角度スペクトラムはFFT処理のピーク周波数毎に求める。図2(c)に示した例では、5つの周波数 f_{u1} 、 f_{u2} 、 f_{u3} 、 f_{d1} 、 f_{d2} における5つの角度スペクトラムを算出する。図3はUPピーク周波数 f_{u1} のピークから求めた角度スペクトラムとDOWNピーク周波数 f_{d1} のピークから求めた角度スペクトラムを併記したものであり、UPピーク周波数 f_{u1} とDOWNピーク周波数 f_{d1} には共に2つの物標 P_1 （角度0 [Deg]）と P_2 （角度約3 [Deg]）が存在していることを示している。方位演算部15で得られた結果は、図4に示すようになる。

10

【0026】

距離・相対速度演算部30では、図4に示されるデータを基に、UPビート側の物標情報とDOWNビート側の物標情報とで近い角度、パワーを持つもの同士のペアリングを行う。図4では、UPビート側の周波数 f_{u1} の角度 u_1 の物標 U_1 と、DOWNビート側の周波数 f_{d1} の角度 d_2 の物標 D_2 とがペアリングされたことを示し、5つの物標が検出されたことを示す。ペアリングして得られたUP周波数とDOWN周波数とで距離、相対速度を演算する。その物標の角度はUPビート側とDOWNビート側の角度の平均値が取られる。距離・相対速度はUPピーク周波数 f_{u1} とDOWNピーク周波数 f_{d1} とから求め、角度は $(u_1 + d_2) / 2$ で求める。

20

【0027】

図5(a)は、アレイアンテナ3の上にある2つの隣接するアンテナAA、ABによって受信された電波（到来方向の角度（到来角）はアレイアンテナ3の正面を0 [deg]として、共に A [deg]とする）に、実際には360 [deg]を越える位相差RPがある場合を示している。このような場合、レーダ装置が認識することができる受信波の位相差EPは ± 180 [deg]未満の値であるので、レーダ装置が認識する受信波の位相差EPは、実際の位相差RPから360 [deg]を引いた値となる。この結果、レーダ装置が認識した受信波の位相差EPに基づいて到来波の方向を推定すると、図5(b)に示すように、アレイアンテナ3に対する到来角が B [deg]（ $<$ 到来角 A [deg]）となり、図5(a)に示す実際の電波の到来方向とは異なったものになってしまう。

30

【0028】

そこで、図1に示した実施形態では、前述のように構成されたレーダ装置100において、発振器5で生成された送信信号を、送信アンテナ1A、1Bから交互に、かつ各アンテナのパターン形状を変えることにより、ビームパターンを変えて送信するように構成した。図6(a)は送信アンテナ1A、1Bから送信される2つの電波の一実施例のビームパターンBP1とBP2を示している。送信アンテナ1Aから送信される電波のビームパターンBP1と送信アンテナ1Bから送信される電波のビームパターンBP2とは、送信方向に対するパターン形状は同じで送信方向に対してほぼ左右対称（線対称）になっており、送信方向（送信軸）のみが異なっている。

40

【0029】

即ち、送信アンテナ1Aから送信されるビームパターンBP1の電波は、レーダ装置100の中心軸CLに対して右側に所定角度 R だけ傾けた送信方向SRに送信され、逆に、送信アンテナ1Bから送信されるビームパターンBP2の電波は、レーダ装置100の

50

中心軸 C L に対して左側に所定角度 $L (= R)$ だけ傾けた送信方向 S L に送信される。この結果、ビームパターン B P 1 とビームパターン B P 2 とは、中心軸 C L に対して線対称なパターンとなっている。

【 0 0 3 0 】

ここで、レーダ装置の正面の所定範囲の領域であって、レーダ装置が認識することができる受信波の位相差が ± 180 [d e g] 未満の領域を C ゾーンとし、C ゾーンの右側 (+ 側) の領域を A ゾーンとし、C ゾーンの左側 (- 側) の領域を B ゾーンとして説明する。A ゾーンと B ゾーンは、電波の到来方向には実際には物標がない領域である。また、受信した電波の到来方向には実際には物標がない電波を、以後は位相折り返しゴーストと呼ぶこととする。

10

【 0 0 3 1 】

したがって、レーダ装置 1 0 0 の正面の A ゾーンにある物標からの反射波の受信レベルは、送信アンテナ 1 A からビームパターン B P 1 の電波を送信した時に大きく、逆に、B ゾーンにある物標からの反射波の受信レベルは、送信アンテナ 1 B からビームパターン B P 2 の電波を送信した時に大きい。図 6 (b) は図 6 (a) に示した 2 つのビームパターン B P 1、B P 2 による反射波の方位に対する受信レベルを示すものである。本実施形態のレーダ装置 1 0 0 では、演算で求めた物標の方位は C ゾーンにあったとしても、この受信レベルの電力差から C ゾーンにある正しい物標の方位であるか、あるいは A、B ゾーンにある位相折り返しによる間違った物標の方位であるかを判定して、本来の反射波の到来方向を算出することができる。

20

【 0 0 3 2 】

即ち、A ゾーンではビームパターン B P 2 による反射波の受信レベル (受信電力に同じ) に比べて、ビームパターン B P 1 による反射波の受信レベルの方が大きく、その差も大きい。また、B ゾーンではビームパターン B P 1 による反射波の受信レベルに比べて、ビームパターン B P 2 による反射波の受信レベルの方が大きく、その差も大きい。そして、C ゾーンではビームパターン B P 1 による反射波の受信レベルと、ビームパターン B P 2 による反射波の受信レベルの差が小さい。ここでは、A ゾーンと C ゾーンの境界部、及び B ゾーンと C ゾーンの境界部におけるビームパターン B P 1 とビームパターン B P 2 による反射波の受信レベルの差は等しいものとし、共にレベル差を P D とする。

【 0 0 3 3 】

この受信レベルの差を用いて、反射波の到来方向を推定する方法としては、次の 2 つの方法がある。第 1 の方法は、アンテナ 1 A、1 B から送信したビームパターンによる反射波の受信レベルの実測値 (または設計値) から A ゾーン、B ゾーン、C ゾーンの実測レベルの電力差の範囲を各ゾーン毎に予め決めておき、実測した反射波の受信レベルの差がどのゾーンのレベル差に該当するのかを判定するものである。実測した反射波の受信レベルの差が A ゾーンと B ゾーンにあるときは位相折り返しゴーストと判定することができる。

30

【 0 0 3 4 】

第 2 の方法は、まず、アンテナ 1 A、1 B から送信した送信ビームパターンによる反射波の受信レベルを予め測定して、反射波の受信角度と電力差のマップを予め作成してレーダ装置に予め記憶させておき、レーダ装置が通常制御モードで受信した反射波の受信レベルから算出した物標の角度に対して位相折り返しゴーストを含めた候補角度を求め、最後に、算出された角度の電力差を求めて、候補角度の電力差のマップ値に最も近い値を持つ角度を反射波の到来方向とするものである。

40

【 0 0 3 5 】

例えば、実測で求めた角度が 0 [d e g] であるとするれば、候補角度は、 0 [d e g]、および (-) 方向からの折り返しゴーストに対応する -47.68 [d e g]、(+) 方向からの折り返しゴーストに対応する $+47.68$ [d e g] のように求めることができる。そして、実測した電力差がこの 3 つの候補角度の電力差のマップ値のどれが一番近いかを判定する。その結果、 0 [d e g] のマップ値が一番近ければ、算出した角度 (0 [d e g]) は正しい物標の角度と判定できる。 -47.68 [d e g] のマップ値が一

50

番近ければ、算出した角度 ($0 [deg]$) は実は $-47.68 [deg]$ からの折り返しゴーストであり、正しい物標の角度を示していないと判定できる。処理負荷は第1の方法が第2の方法より小さいが、精度は第2の方法の方が高い。どちらの方法を採用するかは、処理負荷と精度を考慮して決定すれば良い。

【0036】

図7は、以上説明した第1の実施例のビームパターンBP1, BP2を使用した場合の位相折り返しゴースト判定の手順の一例を示すフローチャートである。この判定は図1に示した信号処理装置Pにある方位演算部15により、ビームパターンBP1, BP2それぞれの方位を検出した後に行われる。なお、以後の説明ではアンテナからの送信出力が大きいことをアンテナの送信パワーが大きいと表記し、アンテナの受信レベルの大きさのことを受信パワーと表記している。

10

【0037】

ステップ601ではビームパターンBP1による反射波の受信パワー $T \times 1$ と、ビームパターンBP2による同じ方向からの反射波の受信パワー $T \times 2$ を算出し、続くステップ602では受信パワー $T \times 1$ と $T \times 2$ の受信パワーの差 ($T \times 1 - T \times 2$) を算出する。

【0038】

続くステップ603では受信パワー $T \times 1$ と $T \times 2$ の受信パワーの差の絶対値 $|T \times 1 - T \times 2|$ が、レベル差PDよりも大きいかが否かを判定する。そして、受信パワー $T \times 1$ と $T \times 2$ の受信パワーの差の絶対値 $|T \times 1 - T \times 2|$ がレベル差PDよりも大きい場合はステップ604に進む。ステップ604は受信パワー $T \times 1$ と $T \times 2$ の受信パワーの差 ($T \times 1 - T \times 2$) が正であるかが否かを判定する。そして、 $(T \times 1 - T \times 2) > 0$ の場合 (YES) はステップ605に進み、反射波がAゾーンからの折り返しゴースト (図には単にゴースト判定と記載してある) であると判定し、そうでない場合は (NO) はステップ606に進んで、反射波がBゾーンからの折り返しゴーストであると判定してこのルーチンを終了する。

20

【0039】

一方、ステップ603の判定で、受信パワー $T \times 1$ と $T \times 2$ の受信パワーの差の絶対値 $|T \times 1 - T \times 2|$ が、レベル差PDよりも小さいと判定された場合はステップ607に進み、反射波がCゾーンにあって物標が実在すると判定する実在判定を行ってこのルーチンを終了する。尚、本実施形態では、ステップ602で受信パワーの差をとり、ステップ603でその差をレベル差PDと比較したが、差をとることなく、一方の受信パワー+PDと他方の受信パワーとの大小比較を行うことで、実在かゴーストかの判定を行うようにしても良い。

30

【0040】

図8(a)は従来のレーダ装置において折り返しゴーストが発生している状態を示すシミュレーション結果を示すものであり、図8(b)は図1のように構成したレーダ装置において物標位置を求めるシミュレーションを行った結果を示すものである。従来のレーダ装置では $\pm 21.7 [deg]$ が限界であり、それを越えた範囲では角度の異なる値が出力されて位相折り返しTが発生していた。これに対して、本発明のレーダ装置では、本来は $\pm 21.7 [deg]$ の範囲でしか検出できないはずのものが、 $\pm 21.7 [deg]$ の範囲外の角度も検出できるようになった。

40

【0041】

このように、本実施形態のレーダ装置では、位相折り返しゴーストの対策ができ、位相折り返しゴーストの減少によるレーダ装置の不要作動がなくなると共に、従来よりも広角域の反射波の到来方向の検出が可能になる。このように、電力差、即ち、受信パワーの差を用いて、誤判定の防止を行うことができる。なお、ここで言う受信パワーは、角度の測定方式がモノパルス方式ではFFTの出力であり、角度推定部がある場合は抽出された角度のスペクトラム値になる。また、角度推定部がある場合は、ビーム走査系の方式 (DBF法、Capon法等) を用いて抽出された角度のスペクトラム値を算出すると精度が向上する。

50

【 0 0 4 2 】

次に、図 1 に示したレーダ装置 1 0 0 の 2 本の送信アンテナ 1 A , 1 B から交互に異なるビームパターンで送信する本発明の第 2 の実施例を説明する。図 9 (a) は送信アンテナから送信される 2 つの電波の第 2 の実施例のビームパターン B P S と B P W を示している。ここでも第 1 の実施例と同様に、レーダ装置 1 0 0 の正面の所定範囲の領域でレーダ装置が認識することができる受信波の位相差が $\pm 1 8 0$ [d e g] 未満の領域を C ゾーンとし、C ゾーンの右側 (+ 側) の領域を A ゾーンとし、C ゾーンの左側 (- 側) の領域を B ゾーンとする。また、図 9 (b) は図 9 (a) に示した 2 つのビームパターン B P S と B P W による反射波の方位に対する受信レベル (受信パワー) を示すものである。

【 0 0 4 3 】

第 2 の実施例では、図 1 に示した送信アンテナ 1 A から送信される電波のビームパターン B P S は、レーダ装置 1 0 0 の中心軸 C L に対する放射範囲が狭いが、出力 (送信パワー) が大きいビームパターンとし、送信アンテナ 1 B から送信される電波のビームパターン B P W は、中心軸 C L に対する放射範囲が広いがパワーが小さいビームパターンとしている。

【 0 0 4 4 】

このような 2 種類のビームパターン B P S , B P W を送信する場合の方位に対する受信レベルを図 9 (b) に示す。ビームパターン B P S の電波を送信した時は、C ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーが大きく、A ゾーンと B ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーが小さい。逆に、ビームパターン B P W の電波を送信した時は、C ゾーンにある物標からの反射波の受信レベルは、A ゾーンと B ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーよりも大きい、ビームパターン B P S の電波を送信した時の C ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーよりも小さい。また、A ゾーンと B ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーは、C ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーよりも小さいが、ビームパターン B P S の電波を送信した時の A ゾーンと B ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーよりも大きい。

【 0 0 4 5 】

第 2 の実施例でも方位に対する受信レベルの電力差、即ち受信パワーの差から位相の折り返しゴーストの状態を判定して、本来の反射波の到来方向を算出することができる。即ち、演算により求めた物標の角度は C ゾーンに位置することになるが、実際の物標が折り返しゴースト領域である A ゾーンまたは B ゾーンに存在する場合は、ビームパターン B P W による反射波の受信パワー $T \times W$ の方がビームパターン B P S による反射波の受信パワー $T \times S$ より大きい。また、実際の物標が C ゾーンに存在する場合 (即ち、位相折り返しゴーストなし) は受信パワー $T \times S$ の方が、受信パワー $T \times W$ より大きい。従って、演算で求めた角度の方向からの反射波の受信パワー $T \times S$ と受信パワー $T \times W$ を比較することで、前者の方が後者より大きい場合は折り返しゴーストのない正しい反射波の到来方向であると判定できる。また前者の方が後者より小さい場合は、折り返しゴーストが発生しており、正しい反射波の到来方向ではないと判定できる。

【 0 0 4 6 】

この電力差、即ち、受信パワーの差を用いて、誤判定の防止を行うことができる。なお、ここで言う受信パワーは、角度の測定方式がモノパルス方式では F F T の出力であり、角度推定部がある場合は抽出された角度のスペクトラム値になる。なお、角度推定部がある場合は、ビーム走査系の方式 (D B F 法、C a p o n 法等) を用いて抽出された角度のスペクトラム値を算出すると精度が向上する。

【 0 0 4 7 】

図 1 0 (a) は、以上説明した第 2 の実施例のビームパターン B P S , B P W を使用した場合の位相折り返しゴースト判定の手順の一例を示すフローチャートである。この判定は図 1 に示した信号処理装置 P にある方位演算部 1 5 により、ビームパターン B P S , B P W それぞれの方位を検出した後に行われる。ステップ 9 0 1 ではビームパターン B P S による反射波の受信パワー $T \times S$ と、ビームパターン B P W による同じ方位からの反射波

10

20

30

40

50

の受信パワー $T \times W$ を算出し、続くステップ 902 では受信パワー $T \times S$ と $T \times W$ の受信パワーの差 ($T \times S - T \times W$) を算出する。

【0048】

続くステップ 903 では受信パワー $T \times S$ と $T \times W$ の受信パワーの差 ($T \times S - T \times W$) が正であるか否かを判定する。そして、受信パワー $T \times S$ と $T \times W$ の受信パワーの差が正である場合 (YES) はステップ 904 に進み、反射波が C ゾーンにあって物標が実在する実在判定を行ってこのルーチンを終了する。一方、受信パワー $T \times S$ と $T \times W$ の受信パワーの差が正でない場合 (NO) はステップ 905 に進み、反射波が A ゾーンまたは B ゾーンからの折り返しゴースト (図には単にゴースト判定と記載してある) であると判定してこのルーチンを終了する。

10

【0049】

なお、変形例として、ステップ 902 の処理を無くし、ステップ 903 で受信パワー $T \times S$ と $T \times W$ の大小比較を行うことにより、実在かゴーストかの判定を行うことも可能である。この変形例の場合においても受信パワーの差を算出していることは同じである。

【0050】

ここで、図 11 (a) に示すように、2つの送信アンテナ 1A、1B を備えたレーダ装置 100 の前方に、レーダ装置 100 に対して $0 [deg]$ の方位に物標として反射レベルが $10 [dB]$ 相当のコナリフレクタ CR1 を所定距離離して置き、 $33.4 [deg]$ の方位に物標として反射レベルが $50 [dB]$ 相当のコナリフレクタ CR2 を所定距離離して置いて構成した評価装置 80 を用いたシミュレーションについて説明する。
 $33.4 [deg]$ の方位は位相折り返しで $0 [deg]$ の方位に位相折り返しゴーストが出現する方位であり、コナリフレクタ CR2 をコナリフレクタ CR1 より大きくしたのは、受信結果を見やすくするためである。この時に、アンテナ 1a から送信する電波のビームパターン BPA と、アンテナ 1b から送信する電波のビームパターン BPB を図 11 (b) に示す。ここでは、物標を検出したい範囲におけるビームパターン BPA のパワーの方を、ビームパターン BPB のパワーよりも大きくしてある。

20

【0051】

図 12 (a) は、図 11 (a) に示した評価装置 80 において、図 11 (b) に示したビームパターン BPA と BPB をそれぞれアンテナ 1A、1B から送信してシミュレーションを行った場合の、 $0 [deg]$ の方位に置いたコナリフレクタ CR1 からの反射波の方位に対する受信レベル、即ち、角度スペクトラムを示すものである。ビームパターン BPA を送信して得られた $0 [deg]$ の方位における受信レベルは $63 [dB]$ であり、ビームパターン BPB を送信して得られた $0 [deg]$ の方位における受信レベルは $41 [dB]$ であった。この場合は、ビームパターン BPA を送信した時の受信レベルの方が、ビームパターン BPB を送信した時の受信レベルよりも大きいので正しい物標 (検知対象物標) と判定し受信レベルを出力させる。

30

【0052】

図 12 (b) は、図 11 (a) に示した評価装置 80 において、図 11 (b) に示したビームパターン BPA と BPB をそれぞれアンテナ 1A、1B から送信してシミュレーションを行った場合の、 $33.34 [deg]$ の方位に置いたコナリフレクタ CR2 からの反射波の方位に対する受信レベルを示すものである。ビームパターン BPA を送信して得られた $0 [deg]$ の方位における受信レベルは $24 [dB]$ であり、ビームパターン BPB を送信して得られた $0 [deg]$ の方位における受信レベルは $31 [dB]$ であった。この場合は、ビームパターン BPA を送信した時の受信レベルの方が、ビームパターン BPB を送信した時の受信レベルよりも小さいので位相折り返しゴースト (検知対象物外物標) と判定し、受信レベルは出力しない。以上のような判定を行うことにより、位相折り返しゴーストを出力することが防止される。

40

【0053】

なお、以上説明した第 2 の実施例では、送信アンテナ 1A から送信される電波のビームパターン BPS はパワーが大きく、送信アンテナ 1B から送信される電波のビームパター

50

ン B P W はパワーが小さいビームパターンとなっていた。一方、図 9 (c) に示す第 2 の実施例の変形例では、送信アンテナ 1 A から送信される電波のビームパターン B P S と送信アンテナ 1 B から送信される電波のビームパターン B P W のパワーを同じにしてあり、レーダ装置 1 0 0 の中心軸 C L に対する放射範囲のみ異ならせてある。第 2 の実施例の変形例では、送信アンテナ 1 A から送信される電波のビームパターン B P S は放射範囲を狭くしてあり、送信アンテナ 1 B から送信される電波のビームパターン B P W は放射範囲を広くしてある。

【 0 0 5 4 】

このような 2 種類のビームパターン B P S , B P W を送信する場合の方位に対する受信レベルを図 9 (d) に示す。ビームパターン B P S の電波を送信アンテナ 1 A から送信した時は、C ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーが大きく、A ゾーンと B ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーが小さい。逆に、ビームパターン B P W の電波を送信した時は、C ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーが最も大きい、A ゾーンと B ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーも大きい。C ゾーンにおいては、ビームパターン B P S の電波を送信した時の C ゾーンにある物標からの反射波の受信パワーよりも大きい部分がある。

10

【 0 0 5 5 】

ここでも A ゾーンと C ゾーンの境界部、及び B ゾーンと C ゾーンの境界部におけるビームパターン B P S とビームパターン B P W による反射波の受信レベルの差は等しいものとし、共にレベル差を P D とする。すると、第 2 の実施例の変形例では、図 9 (d) に示す 2 種類のビームパターン B P S とビームパターン B P W のゾーン境界部におけるレベル差 (受信パワー差) P D を基準値として、反射波の受信パワー差が基準値以上かどうかで物標の存在判定と位相折り返しゴーストの判定を行うことができる。

20

【 0 0 5 6 】

即ち、A ゾーンと B ゾーンでは、ビームパターン B P W による反射波の受信パワーとビームパターン B P S による反射波の受信パワーとの差が基準値 P D よりも大きい。また、C ゾーンではビームパターン B P S による反射波の受信パワーと、ビームパターン B P W による反射波の受信パワーの差は基準値 P D より小さい。従って、受信パワーの差が基準値 P D より小さければ正しい物標であると判定でき、受信パワーの差が基準値 P D 以上であれば位相折り返しゴーストであると判定できる。

30

【 0 0 5 7 】

図 1 0 (b) は第 2 の実施例の変形例のビームパターンを使用した場合の折り返しゴースト判定の手順の一例を示すフローチャートである。ステップ 9 0 1 とステップ 9 0 2 の手順は同じであるので図示は省略する。

【 0 0 5 8 】

ステップ 9 0 2 において反射波の受信パワー $T \times S$ と受信パワー $T \times W$ のパワー差が算出されると、次のステップ 9 0 6 ではこのパワー差を $(T \times W - T \times S)$ として、この差が基準値 P D より小さいかを判定する。そして、 $(T \times W - T \times S) < P D$ であった時 (Y E S) はステップ 9 0 7 に進んで物標の存在判定を行い、そうでない場合 (N O) はステップ 9 0 8 において物標が A ゾーンまたは B ゾーンからの位相折り返しゴーストであると判定する。即ち、C ゾーンにおいて、受信パワー $T \times S$ と受信パワー $T \times W$ の差が小さく両者が同等の時に、正しい物標 (検知対象物標) と判定し、受信パワー $T \times W$ の方が受信パワー $T \times S$ より基準値 P D 所定より大きかった時に位相折り返しゴースト (検知対象物外物標) と判定する。以上のような判定を行うことにより、第 2 の実施例の変形例においても位相折り返しゴーストを出力することが防止される。

40

【 0 0 5 9 】

尚、第 2 の実施例の変形例においても、ステップ 9 0 2 で受信パワーの差をとることなく、一方の受信パワー + P D と他方の受信パワーとの大小比較を行うことで、実在かゴーストかの判定を行うようにしても良い。

【 符号の説明 】

50

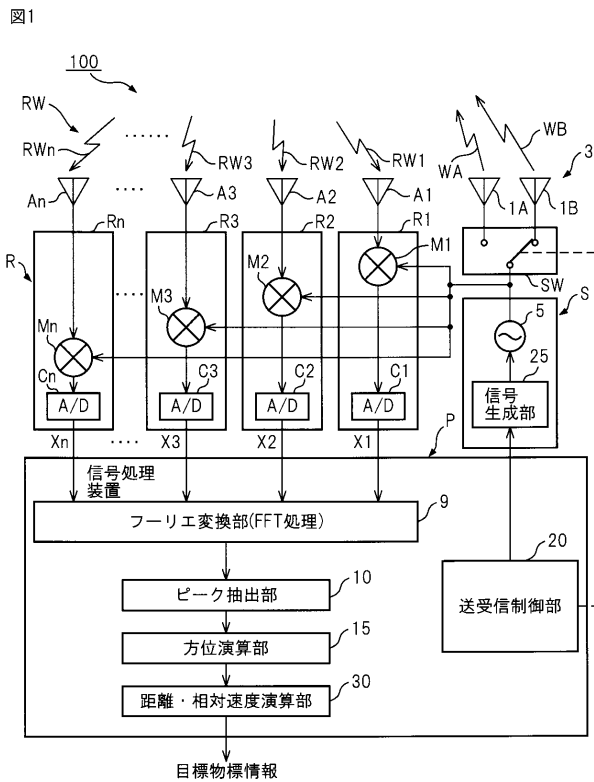
【 0 0 6 0 】

- 1 A、1 B 送信アンテナ
- 3 アレーアンテナ
- 5 発振器
- 9 フーリエ変換部
- 10 ピーク算出部
- 15 方位演算部
- 20 送受信制御部
- 30 距離・相対速度演算部
- 100 レーダ装置
- A 1 ~ A n アンテナ
- C L レーダ装置の中心軸
- C R 1 , C R 2 コーナリフレクタ
- R、R 1 ~ R n 受信部
- R W、R W 1 ~ R W n 反射波
- S 送信部
- S W スイッチ
- W A , W B 電波 (送信波)
- X 1 ~ X n デジタル信号
- 受信波の波長

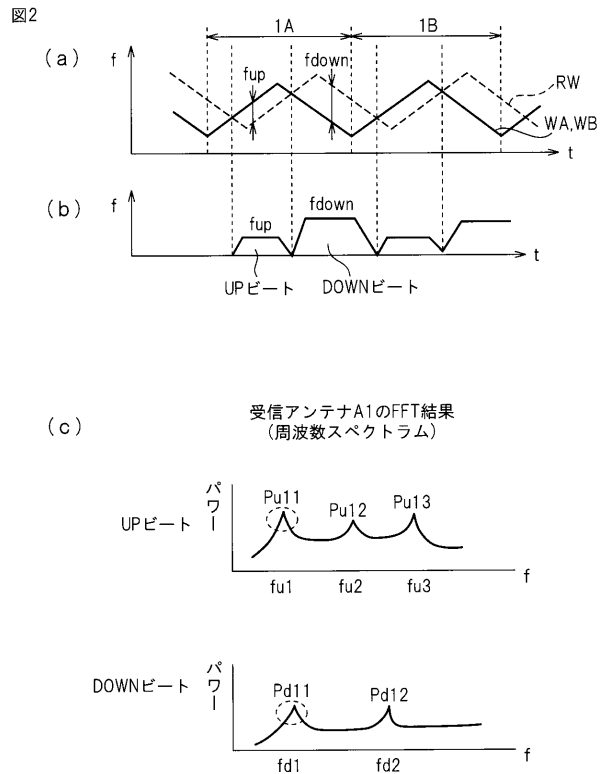
10

20

【 図 1 】

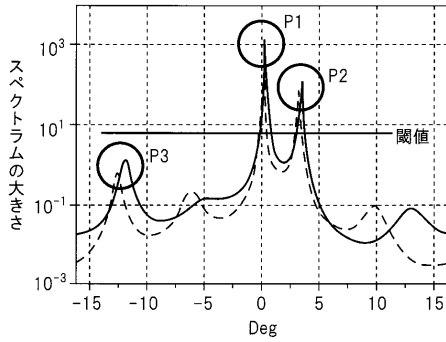


【 図 2 】



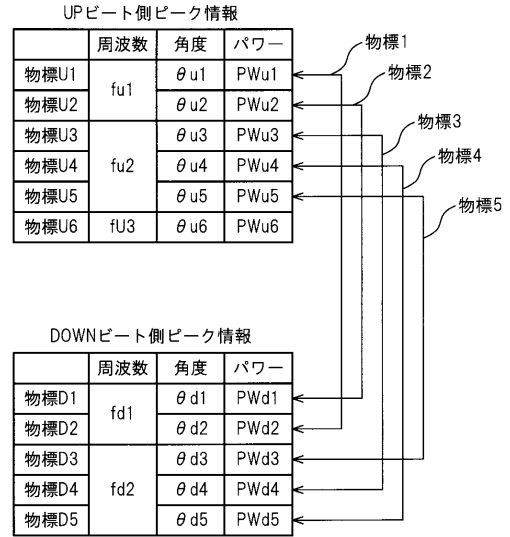
【 図 3 】

図3



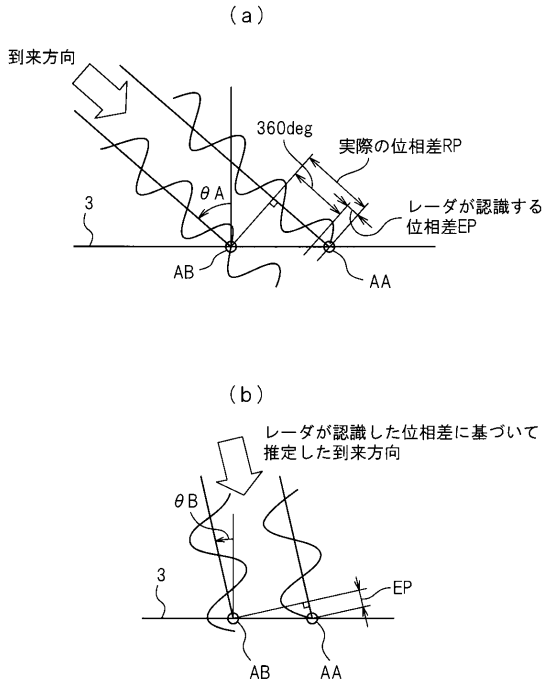
【 図 4 】

図4



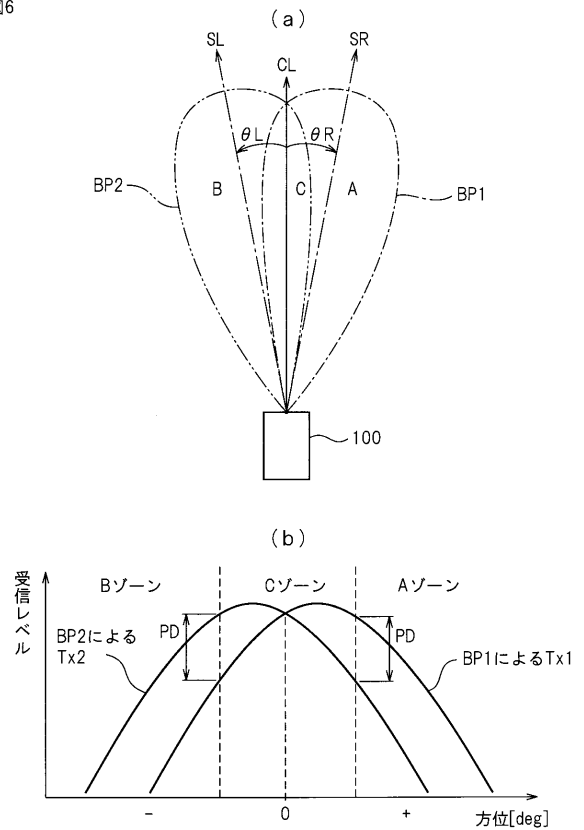
【 図 5 】

図5



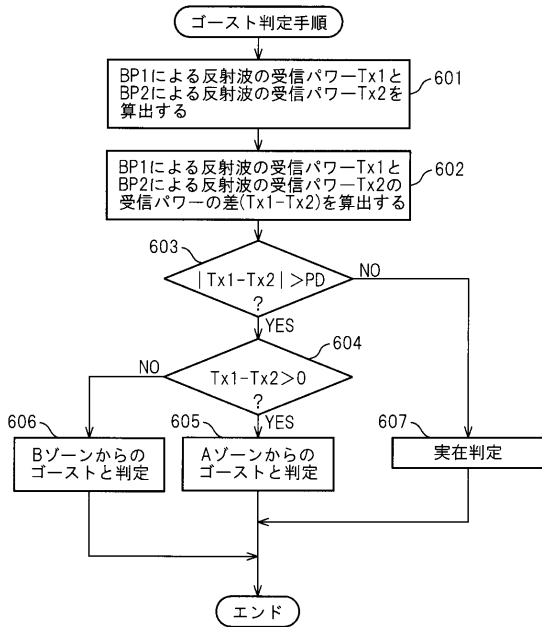
【 図 6 】

図6



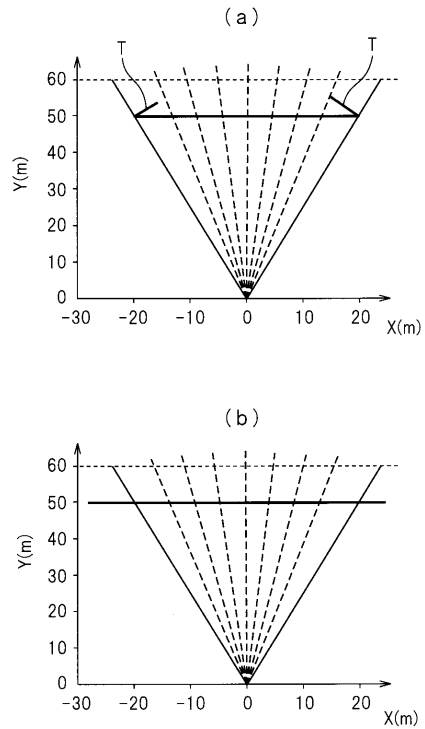
【 図 7 】

図7



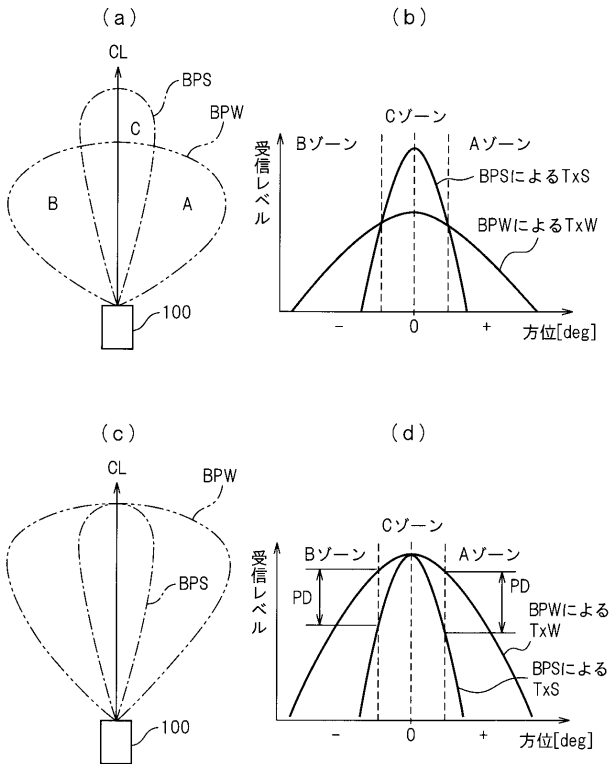
【 図 8 】

図8



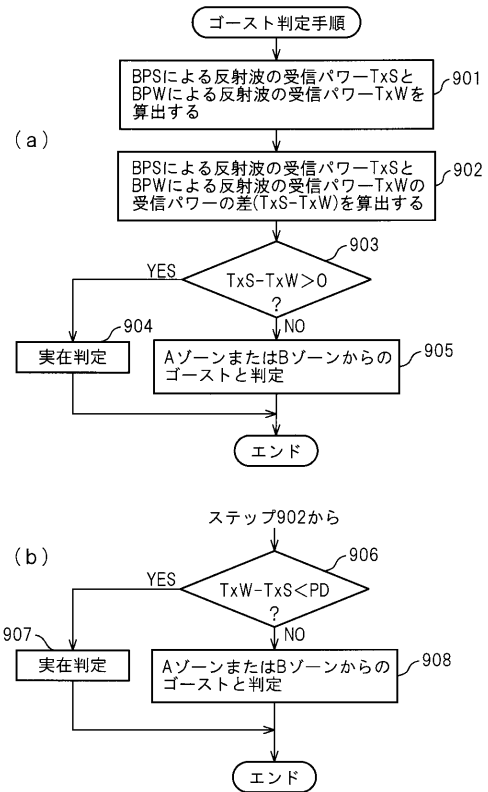
【 図 9 】

図9



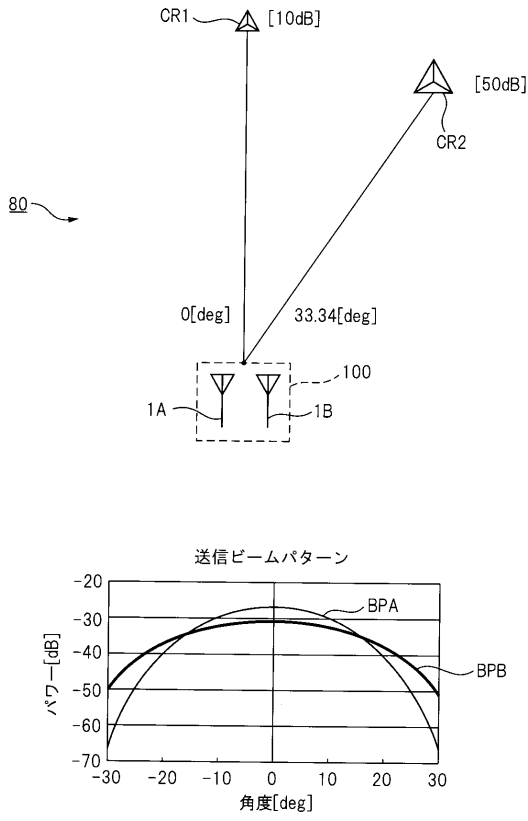
【 図 10 】

図10



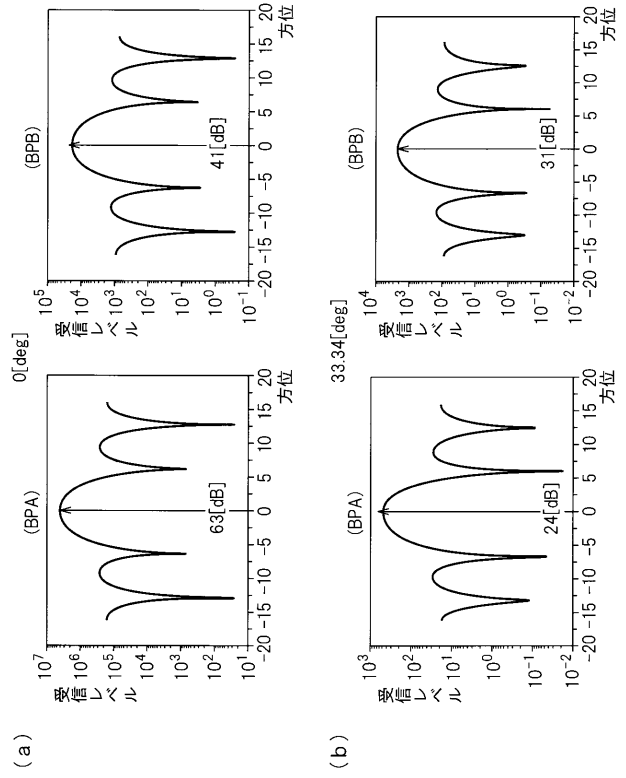
【図 11】

図11



【図 12】

図12



フロントページの続き

(72)発明者 黒野 泰寛

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号 富士通テン株式会社内

(72)発明者 篠宮 知宏

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号 富士通テン株式会社内

(72)発明者 浅沼 久輝

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号 富士通テン株式会社内

Fターム(参考) 5J070 AB19 AC02 AC06 AC13 AD02 AD05 AD10 AE01 AF03 AH31
AH35 AK13