

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7189034号  
(P7189034)

(45)発行日 令和4年12月13日(2022.12.13)

(24)登録日 令和4年12月5日(2022.12.5)

(51)国際特許分類 F I  
G 0 1 S 3/48 (2006.01) G 0 1 S 3/48  
G 0 1 S 7/02 (2006.01) G 0 1 S 7/02 2 1 8

請求項の数 7 (全12頁)

(21)出願番号	特願2019-12290(P2019-12290)	(73)特許権者	000237592 株式会社デンソーテン
(22)出願日	平成31年1月28日(2019.1.28)		兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番2 8号
(65)公開番号	特開2020-118644(P2020-118644 A)	(74)代理人	110000578 名古屋国際弁理士法人
(43)公開日	令和2年8月6日(2020.8.6)	(74)代理人	110001933 弁理士法人 佐野特許事務所
審査請求日	令和3年11月9日(2021.11.9)	(72)発明者	石川 弘貴 兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番2 8号 株式会社デンソーテン内
		審査官	今浦 陽恵

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 到来方向推定装置及び到来方向推定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の間隔で配置された複数の第1の受信アンテナで得られた受信信号から導出された複数の物標それぞれの第1の角度、及び、前記第1の間隔より広い第2の間隔で配置された複数の第2の受信アンテナで得られた受信信号から導出された前記複数の物標それぞれの第2の角度を算出する角度算出部と、

複数の前記第1の角度と複数の前記第2の角度及び複数の前記第2の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定部と、

を備え、

前記推定部は、前記複数の物標それぞれについて、前記第2の角度及び前記位相折り返し角度の中の1つを前記到来方向とする、到来方向推定装置。

【請求項2】

前記複数の第1の受信アンテナの一部と、前記複数の第2の受信アンテナの一部と、が共通の受信アンテナである、請求項1に記載の到来方向推定装置。

【請求項3】

複数の受信アンテナの組み合わせである第1のサブアレーで得られた受信信号と、前記第1のサブアレーと同一形状であって前記第1のサブアレーとの間に第1の位相差が生じる第2のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第1の角度、及び、前記第1のサブアレーと同一形状である第3のサブアレーで得られた受信

信号と、前記第 3 のサブアレーと同一形状であって前記第 3 のサブアレーとの間に前記第 1 の位相差と異なる第 2 の位相差が生じる第 4 のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第 2 の角度を算出する角度算出部と、

複数の前記第 1 の角度と複数の前記第 2 の角度及び複数の前記第 2 の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定部と、

を備え、

前記推定部は、前記複数の物標それぞれについて、前記第 2 の角度及び前記位相折り返し角度の中の 1 つを前記到来方向とする、到来方向推定装置。

【請求項 4】

前記推定部は、複数の前記第 1 の角度と複数の前記第 2 の角度及び複数の前記第 2 の角度それぞれの位相折り返し角度との組み合わせから、角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し、前記 1 つのペアに基づき前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の到来方向推定装置。

【請求項 5】

前記推定部は、前記第 1 の角度と、前記到来方向とする角度との角度差の総和が最小になるように、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の到来方向推定装置。

【請求項 6】

第 1 の間隔で配置された複数の第 1 の受信アンテナで得られた受信信号から導出された複数の物標それぞれの第 1 の角度、及び、前記第 1 の間隔より広い第 2 の間隔で配置された複数の第 2 の受信アンテナで得られた受信信号から導出された前記複数の物標それぞれの第 2 の角度を算出する角度算出工程と、

複数の前記第 1 の角度と複数の前記第 2 の角度及び複数の前記第 2 の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定工程と、

を備え、

前記推定工程において、前記複数の物標それぞれについて、前記第 2 の角度及び前記位相折り返し角度の中の 1 つが前記到来方向とされる、到来方向推定方法。

【請求項 7】

複数の受信アンテナの組み合わせである第 1 のサブアレーで得られた受信信号と、前記第 1 のサブアレーと同一形状であって前記第 1 のサブアレーとの間に第 1 の位相差が生じる第 2 のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第 1 の角度、及び、前記第 1 のサブアレーと同一形状である第 3 のサブアレーで得られた受信信号と、前記第 3 のサブアレーと同一形状であって前記第 3 のサブアレーとの間に前記第 1 の位相差と異なる第 2 の位相差が生じる第 4 のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第 2 の角度を算出する角度算出工程と、

複数の前記第 1 の角度と複数の前記第 2 の角度及び複数の前記第 2 の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定工程と、

を備え、

前記推定工程において、前記複数の物標それぞれについて、前記第 2 の角度及び前記位相折り返し角度の中の 1 つが前記到来方向とされる、到来方向推定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電波の到来方向を推定する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

レーダ装置は、電波を照射し、物標から反射してきた電波（反射波）を受信することで

10

20

30

40

50

、反射波の到来方向を推定する。到来方向の推定方法は、反射波を受信する複数の受信アンテナで得られた受信信号の位相差や振幅差の情報から到来方向（角度）を算出する方法である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2000-230974号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

到来方向（角度）を算出する上で、受信アンテナ間隔は非常に重要であり、角度精度及び位相折り返しに大きく影響する。角度精度と位相折り返しとはトレードオフの関係になる。具体的には、受信アンテナ間隔が広ければ物標の角度精度は良くなるものの位相折り返しが発生し易いに対し、受信アンテナ間隔が狭ければ位相折り返しは発生し難くなるものの物標の角度精度は悪くなる。

【0005】

特許文献1で開示されているレーダ装置では、アンテナ間隔が異なる2つの受信アンテナ対でそれぞれ検出される物標の角度（方位）が一致したときの角度を、レーダ装置によって検出された物標の角度として採用することで、位相折り返しの問題を解消しつつ物標の角度精度を高めている。

【0006】

しかしながら、特許文献1で開示されているレーダ装置は、レーダ装置との距離及びレーダ装置との相対速度それぞれが互いに類似する複数の物標に対応して到来方向（角度）を算出することができない。

【0007】

本発明は、上記課題に鑑みて、位相折り返しの問題を解消しつつ複数の物標それぞれの角度精度を向上できる到来方向推定技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明に係る到来方向推定装置は、第1の間隔で配置された複数の第1の受信アンテナで得られた受信信号から導出された複数の物標それぞれの第1の角度、及び、前記第1の間隔より広い第2の間隔で配置された複数の第2の受信アンテナで得られた受信信号から導出された前記複数の物標それぞれの第2の角度を算出する角度算出部と、複数の前記第1の角度と複数の前記第2の角度及び複数の前記第2の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定部と、を備え、前記推定部は、前記複数の物標それぞれについて、前記第2の角度及び前記位相折り返し角度の中の1つを前記到来方向とする構成（第1の構成）である。

【0009】

上記第1の構成の到来方向推定装置において、前記複数の第1の受信アンテナの一部と、前記複数の第2の受信アンテナの一部と、が共通の受信アンテナである構成（第2の構成）であってもよい。

【0010】

本発明に係る他の到来方向推定装置は、複数の受信アンテナの組み合わせである第1のサブアレーで得られた受信信号と、前記第1のサブアレーと同一形状であって前記第1のサブアレーとの間に第1の位相差が生じる第2のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第1の角度、及び、前記第1のサブアレーと同一形状である第3のサブアレーで得られた受信信号と、前記第3のサブアレーと同一形状であって前記第3のサブアレーとの間に前記第1の位相差と異なる第2の位相差が生じる第4のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第2の角度を算出する角度算出部と、複数の前記第1の角度と複数の前記第2の角度及び複数の前記第

10

20

30

40

50

2の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定部と、を備え、前記推定部は、前記複数の物標それぞれについて、前記第2の角度及び前記位相折り返し角度の中の1つを前記到来方向とする構成(第3の構成)である。

【0011】

上記第1～第3いずれかの構成の到来方向推定装置において、前記推定部は、複数の前記第1の角度と複数の前記第2の角度及び複数の前記第2の角度それぞれの位相折り返し角度との組み合わせから、角度差が最小になる1つのペアを見つけ出し、前記1つのペアに基づき前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する構成(第4の構成)であつてもよい。

10

【0012】

上記第1～第3いずれかの構成の到来方向推定装置において、前記推定部は、前記第1の角度と、前記到来方向とする角度との角度差の総和が最小になるように、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する構成(第5の構成)であつてもよい。

【0013】

本発明に係る到来方向推定方法は、第1の間隔で配置された複数の第1の受信アンテナで得られた受信信号から導出された複数の物標それぞれの第1の角度、及び、前記第1の間隔より広い第2の間隔で配置された複数の第2の受信アンテナで得られた受信信号から導出された前記複数の物標それぞれの第2の角度を算出する角度算出工程と、複数の前記第1の角度と複数の前記第2の角度及び複数の前記第2の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定工程と、を備え、前記推定工程において、前記複数の物標それぞれについて、前記第2の角度及び前記位相折り返し角度の中の1つが前記到来方向とされる構成(第6の構成)である。

20

【0014】

本発明に係る他の到来方向推定方法は、複数の受信アンテナの組み合わせである第1のサブアレーで得られた受信信号と、前記第1のサブアレーと同一形状であつて前記第1のサブアレーとの間に第1の位相差が生じる第2のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第1の角度、及び、前記第1のサブアレーと同一形状である第3のサブアレーで得られた受信信号と、前記第3のサブアレーと同一形状であつて前記第3のサブアレーとの間に前記第1の位相差と異なる第2の位相差が生じる第4のサブアレーで得られた受信信号とを用いて導出された複数の物標それぞれの第2の角度を算出する角度算出工程と、複数の前記第1の角度と複数の前記第2の角度及び複数の前記第2の角度それぞれの位相折り返し角度とに基づき、前記複数の物標それぞれから反射した電波の到来方向を推定する推定工程と、を備え、前記推定工程において、前記複数の物標それぞれについて、前記第2の角度及び前記位相折り返し角度の中の1つが前記到来方向とされる構成(第7の構成)である。

30

【発明の効果】

【0015】

本発明に係る到来方向推定技術によると、位相折り返しの問題を解消しつつ複数の物標それぞれの角度精度を向上できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】レーダ装置の一構成例を示す図

【図2】レーダ装置と物標との位置関係を示す図

【図3】レーダ装置と物標との位置関係を示す図

【図4】角度算出処理及び推定処理の第1例の流れを示すフローチャート

【図5】角度算出処理及び推定処理の第2例の流れを示すフローチャート

【図6】受信アンテナの配置例を示す図

【図7】レーダ装置の他の構成例を示す図

【発明を実施するための形態】

50

## 【 0 0 1 7 】

以下、本発明の例示的な実施形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

## 【 0 0 1 8 】

## &lt; 1 . レーダ装置の構成 &gt;

図 1 は本実施形態に係るレーダ装置 1 の構成を示す図である。レーダ装置 1 は、例えば自動車などの車両に搭載されている。レーダ装置 1 が自車両の前端に搭載されている場合、レーダ装置 1 は、送信波を用いて、自車両の前方に存在する物標に係る物標データを取得する。物標データは、物標までの距離、レーダ装置 1 に対する物標の相対速度等を含む。しかしながら、本実施形態に係るレーダ装置 1 を到来方向推定装置の一例として説明するため、以下の説明においては到来方向推定に関する部分についてのみ説明を行う。

10

## 【 0 0 1 9 】

図 1 に示すように、レーダ装置 1 は、送信部 2 と、受信部 3 n 及び 3 w と、信号処理装置 4 と、を主に備えている。

## 【 0 0 2 0 】

受信部 3 n は、複数の受信アンテナ 3 1 n を備える。例えば、受信部 3 n は、自車両の左右方向に沿って配置され、受信チャンネル c h 1 ~ c h 4 それぞれに対応する 4 つの受信アンテナ 3 1 n を備える。受信部 3 w は、複数の受信アンテナ 3 1 w を備える。例えば、受信部 3 w は、自車両の左右方向に沿って配置され、受信チャンネル c h 5 ~ c h 8 それぞれに対応する 4 つの受信アンテナ 3 1 w を備える。

## 【 0 0 2 1 】

隣接する受信アンテナ 3 1 n の間隔は第 1 の間隔 d 1 であり、受信部 3 w では、隣接する受信アンテナ 3 1 w の間隔は第 1 の間隔 d 1 より広い第 2 の間隔 d 2 である。なお、複数の第 1 の間隔 d 1 は、厳密に同一でなくてもよく、設計上の誤差やばらつきなどを考慮した上で複数の第 1 の間隔 d 1 が同一とみなすことができればよい。位相折り返しが発生しないように、第 1 の間隔 d 1 は受信アンテナ 3 1 n で得られる受信信号の半波長以下であることが好ましい。ただし、位相折り返しが発生する場合でもレーダ装置 1 の F O V の設定によっては F O V 内で位相折り返しが発生しないようにすることも可能であるため、第 1 の間隔 d 1 は受信アンテナ 3 1 n で得られる受信信号の半波長より大きくてもよい。本実施例では、第 1 の間隔 d 1 は受信アンテナ 3 1 n で得られる受信信号の半波長以下にする。複数の第 2 の間隔 d 2 は、厳密に同一でなくてもよく、設計上の誤差やばらつきなどを考慮した上で複数の第 2 の間隔 d 2 が同一とみなすことができればよい。本実施例では、第 2 の間隔 d 2 は受信アンテナ 3 1 w で得られる受信信号の半波長より大きくする。

20

30

## 【 0 0 2 2 】

上述した通り、受信部 3 n では、隣接する受信アンテナ 3 1 n の間隔が第 1 の間隔 d 1 であり、受信部 3 w では、隣接する受信アンテナ 3 1 w の間隔が第 1 の間隔 d 1 より広い第 2 の間隔 d 2 であるが、受信部 3 n と受信部 3 w の基本的な構成は同一である。このため、以下の説明では、適宜、受信部 3 n と受信部 3 w とを区別せずに受信部 3 として説明する。

## 【 0 0 2 3 】

送信部 2 は、信号生成部 2 1 と発信器 2 2 とを備えている。発信器 2 2 は、信号生成部 2 1 で生成された信号を変調して送信信号を生成する。送信アンテナ 2 3 は、送信信号を送信波 T W に変換して出力する。

40

## 【 0 0 2 4 】

受信部 3 は、複数の受信アンテナ 3 1 と、その複数の受信アンテナ 3 1 に接続された複数の個別受信部 3 2 とを備えている。本実施形態では、受信部 3 は、例えば、4 個の受信アンテナ 3 1 と 4 個の個別受信部 3 2 とを備えている。4 個の個別受信部 3 2 は、4 個の受信アンテナ 3 1 にそれぞれ対応している。各受信アンテナ 3 1 は物体からの反射波 R W を受信して受信信号を取得し、各個別受信部 3 2 は対応する受信アンテナ 3 1 で得られた受信信号を処理する。

## 【 0 0 2 5 】

50

各個別受信部 3 2 は、ミキサ 3 3 と A / D 変換器 3 4 とを備えている。受信アンテナ 3 1 で得られた受信信号は、ローノイズアンプ（図示省略）で増幅された後にミキサ 3 3 に送られる。ミキサ 3 3 には送信部 2 の発信器 2 2 からの送信信号が入力され、ミキサ 3 3 において送信信号と受信信号とがミキシングされる。これにより、送信信号の周波数と受信信号の周波数との差となるビート周波数を有するビート信号が生成される。ミキサ 3 3 で生成されたビート信号は、A / D 変換器 3 4 でデジタルの信号に変換された後に、信号処理装置 4 へ出力される。

【 0 0 2 6 】

信号処理装置 4 は、C P U ( Central Processing Unit ) 及びメモリ 4 1 などを含むマイクロコンピュータを備えている。信号処理装置 4 は、演算の対象とする各種のデータを、記憶装置であるメモリ 4 1 に記憶する。メモリ 4 1 は、例えば R A M ( Random Access Memory ) などである。信号処理装置 4 は、マイクロコンピュータでソフトウェア的に実現される機能として、送信制御部 4 2、フーリエ変換部 4 3、及び、データ処理部 4 4 を備えている。送信制御部 4 2 は、送信部 2 の信号生成部 2 1 を制御する。データ処理部 4 4 は、ピーク抽出部 4 5、角度算出部 4 6、及び推定部 4 7 を備えている。

10

【 0 0 2 7 】

フーリエ変換部 4 3 は、複数の物標からの反射波が重なり合った状態で受信アンテナ 3 1 において受信されるため、受信信号に基づいて生成されたビート信号から、各物標の反射波に基づく周波数成分を分離する処理（例えば、F F T ( Fast Fourier Transfer ) 処理）を行う。F F T 処理では、所定の周波数間隔で設定された周波数ポイント（周波数ビンという場合がある）ごとに受信レベルや位相情報が算出される。

20

【 0 0 2 8 】

ピーク抽出部 4 5 は、フーリエ変換部 4 3 による F F T 処理等の結果からピークを検出する。

【 0 0 2 9 】

角度算出部 4 6 は、DBF、MUSICなどの周知の方位演算処理を用いて、複数の受信アンテナ 3 1 n で得られた受信信号から導出された複数の物標それぞれの第 1 の角度を算出する。角度算出部 4 6 は、DBF、MUSICなどの周知の方位演算処理を用いて、複数の受信アンテナ 3 1 w で得られた受信信号から導出された複数の物標それぞれの第 2 の角度も算出する。

30

【 0 0 3 0 】

以下、レーダ装置 1 との距離及びレーダ装置 1 との相対速度それぞれが互いに類似する 2 つの物標が導出された場合について説明する。角度算出部 4 6 は、複数の受信アンテナ 3 1 n で得られた受信信号から図 2 に示す 2 つの物標 1 及び 2 を導出し、物標 1 の第 1 の角度  $\theta_{11}$  及び物標 2 の第 1 の角度  $\theta_{21}$  を算出する。

【 0 0 3 1 】

角度算出部 4 6 は、複数の受信アンテナ 3 1 w で得られた受信信号から図 3 に示す 2 つの物標 1 及び 2 を導出し、物標 1 の第 2 の角度  $\theta_{12}$  及び物標 2 の第 2 の角度  $\theta_{22}$  を算出する。第 2 の角度  $\theta_{12}$  及び  $\theta_{22}$  では精度は高いものの位相折り返しが発生するため、物標 1 の本来の位置は図 3 に示す位相折り返し位置  $\theta_{1'}$  又は  $\theta_{1''}$  の可能性がある。物標 2 の本来の位置は図 3 に示す位相折り返し位置  $\theta_{2'}$  又は  $\theta_{2''}$  の可能性がある。位相の折り返し数は、上述した第 2 の間隔  $d_2$  と、受信アンテナ 3 1 w で得られる受信信号の波長との関係によって定まるため、本実施例の個数に限定されない。以下の説明では、第 2 の角度  $\theta_{12}$  の各位相折り返し角度として  $\theta_{1'}$  及び  $\theta_{1''}$  を用い、第 2 の角度  $\theta_{22}$  の各位相折り返し角度として  $\theta_{2'}$  及び  $\theta_{2''}$  を用いる。位相折り返し角度  $\theta_{1'}$ 、 $\theta_{1''}$ 、 $\theta_{2'}$ 、及び  $\theta_{2''}$  はそれぞれ、位相折り返し位置  $\theta_{1'}$ 、 $\theta_{1''}$ 、 $\theta_{2'}$ 、及び  $\theta_{2''}$  の各角度である。

40

【 0 0 3 2 】

推定部 4 7 は、第 1 の角度  $\theta_{11}$  及び  $\theta_{21}$  と、第 2 の角度  $\theta_{12}$  及び  $\theta_{22}$  並びに位相折り返し角度  $\theta_{1'}$ 、 $\theta_{1''}$ 、 $\theta_{2'}$ 、及び  $\theta_{2''}$  とに基づき、2 つの物標それぞれから

50

反射した電波の到来方向を推定する。推定部 4 7 は、第 1 の角度  $\theta_1$  及び  $\theta_2$  を用いて、物標 1 及び 2 それぞれの位相折り返し問題を解消することができる。

【 0 0 3 3 】

そして、推定部 4 7 は、一方の物標について、第 2 の角度  $\theta_1$  並びに位相折り返し角度  $\theta_1'$  及び  $\theta_1''$  の中の 1 つを、一方の物標から反射した電波の到来方向とする。推定部 4 7 は、他方の物標について、第 2 の角度  $\theta_2$  並びに位相折り返し角度  $\theta_2'$  及び  $\theta_2''$  の中の 1 つを、一方の物標から反射した電波の到来方向とする。これにより、複数の物標それぞれの角度精度を向上できる。

【 0 0 3 4 】

推定部 4 7 は、推定した物標の存在する方位（角度）をメモリ 4 1 や車両制御 ECU 5 等

10

等

【 0 0 3 5 】

< 2 . 角度算出処理及び推定処理の第 1 例 >

図 4 は、角度算出部 4 6 によって実行される算出処理及び推定部 4 7 によって実行される推定処理の第 1 例の流れを示すフローチャートである。

【 0 0 3 6 】

角度算出部 4 6 は、第 1 の角度  $\theta_1$  及び  $\theta_2$  を算出する（ステップ S 1）。次に、角度算出部 4 6 は、第 2 の角度  $\theta_1$  及び  $\theta_2$  を算出する（ステップ S 2）。なお、ステップ S 1 とステップ S 2 は、実行順序を入れ替えてもよく、並列して実行してもよい。

【 0 0 3 7 】

ステップ S 1 及び S 2 の終了後に、角度算出部 4 6 と推定部 4 7 のいずれかが、位相折り返し角度  $\theta_1'$ 、 $\theta_1''$ 、 $\theta_2'$ 、及び  $\theta_2''$  を算出する（ステップ S 3）。

20

【 0 0 3 8 】

ステップ S 3 に続くステップ S 4 において、推定部 4 7 は、1 2 通りの各角度差を算出する。1 2 通りの各角度差は、以下の ( 1 ) ~ ( 1 2 ) である。なお、各角度差は絶対値である。

( 1 ) 第 1 の角度  $\theta_1$  と位相折り返し角度  $\theta_1'$  との角度差

( 2 ) 第 1 の角度  $\theta_1$  と位相折り返し角度  $\theta_2'$  との角度差

( 3 ) 第 1 の角度  $\theta_1$  と第 2 の角度  $\theta_1$  との角度差

( 4 ) 第 1 の角度  $\theta_1$  と第 2 の角度  $\theta_2$  との角度差

30

( 5 ) 第 1 の角度  $\theta_1$  と位相折り返し角度  $\theta_1''$  との角度差

( 6 ) 第 1 の角度  $\theta_1$  と位相折り返し角度  $\theta_2''$  との角度差

( 7 ) 第 1 の角度  $\theta_2$  と位相折り返し角度  $\theta_1'$  との角度差

( 8 ) 第 1 の角度  $\theta_2$  と位相折り返し角度  $\theta_2'$  との角度差

( 9 ) 第 1 の角度  $\theta_2$  と第 2 の角度  $\theta_1$  との角度差

( 1 0 ) 第 1 の角度  $\theta_2$  と第 2 の角度  $\theta_2$  との角度差

( 1 1 ) 第 1 の角度  $\theta_2$  と位相折り返し角度  $\theta_1''$  との角度差

( 1 2 ) 第 1 の角度  $\theta_2$  と位相折り返し角度  $\theta_2''$  との角度差

【 0 0 3 9 】

ステップ S 4 に続くステップ S 5 において、推定部 4 7 は、1 2 通りの中から角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し（特定し）、特定したペアに属する第 2 の角度又は位相折り返し角度を、一方の物標から反射した電波の到来方向とする。以下、角度差が最小になる 1 つのペアが上記の ( 1 ) である場合を例に挙げて説明を続ける。

40

【 0 0 4 0 】

ステップ S 5 に続くステップ S 6 において、推定部 4 7 は、他方の物標に関する 3 通りの各角度差を算出する。角度差が最小になる 1 つのペアが上記の ( 1 ) である場合、ステップ S 6 における 3 通りの各角度差は、上記の ( 8 )、( 1 0 )、及び ( 1 2 ) である。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 6 に続くステップ S 7 において、推定部 4 7 は、上記の 3 通りの中から角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し（特定し）、特定したペアに属する第 2 の角度又

50

は位相折り返し角度を、他方の物標から反射した電波の到来方向とする。

【 0 0 4 2 】

< 3 . 角度算出処理及び推定処理の第 2 例 >

図 5 は、角度算出部 4 6 によって実行される算出処理及び推定部 4 7 によって実行される推定処理の第 2 例の流れを示すフローチャートである。なお、図 5 において図 4 と同一のステップには同一の符号を付し、詳細な説明を省略する。

【 0 0 4 3 】

ステップ S 3 の終了後、推定部 4 7 はステップ 8 の処理を実行する。推定部 4 7 は、物標 1 と物標 1 が一方の物標であり、物標 2 と物標 2 が他方の物標であるという第 1 の仮定を行い、上記の ( 1 )、( 3 )、( 5 ) の中から角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し ( 特定し )、上記の ( 8 )、( 1 0 )、( 1 2 ) の中から角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し ( 特定し )、特定した 2 つのペアの角度差の総和を算出する ( ステップ S 8 )。次に、物標 1 と物標 2 が一方の物標であり、物標 2 と物標 1 が他方の物標であるという第 2 の仮定を行い、上記の ( 2 )、( 4 )、( 6 ) の中から角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し ( 特定し )、上記の ( 7 )、( 9 )、( 1 1 ) の中から角度差が最小になる 1 つのペアを見つけ出し ( 特定し )、特定した 2 つのペアの角度差の総和を算出する ( ステップ S 9 )。なお、ステップ S 8 とステップ S 9 は、実行順序を入れ替えてもよく、並列して実行してもよい。

10

【 0 0 4 4 】

ステップ S 8 及び S 9 の終了後に、推定部 4 7 は、ステップ S 8 で算出した総和がステップ S 9 で算出した総和より小さい場合には上記の第 1 の仮定を採用し、ステップ S 9 で算出した総和がステップ S 8 で算出した総和より小さい場合には上記の第 2 の仮定を採用する ( ステップ S 1 0 )。そして、推定部 4 7 は、上記の第 1 の仮定を採用した場合にはステップ S 8 で特定したペアに属する第 2 の角度又は位相折り返し角度を物標から反射した電波の到来方向とし、上記の第 2 の仮定を採用した場合にはステップ S 9 で特定したペアに属する第 2 の角度又は位相折り返し角度を物標から反射した電波の到来方向とする ( ステップ S 1 0 )。

20

【 0 0 4 5 】

上述した「角度算出処理及び推定処理の第 1 例」と「角度算出処理及び推定処理の第 2 例」のどちらが優れているかは一概にいけない。このため、例えば、想定される複数の物標の配置、想定されるレーダ装置 1 の仕様等を考慮したシミュレーション或いは実験の結果を考慮して、どちらを採用するかを決定すればよい。

30

【 0 0 4 6 】

< 4 . その他 >

本明細書中に開示されている種々の技術的特徴は、上記実施形態のほか、その技術的創作の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更を加えることが可能である。また、本明細書中に示される複数の実施形態及び変形例は可能な範囲で組み合わせて実施されてよい。

【 0 0 4 7 】

上述した実施形態では、レーダ装置 1 が 4 つの受信アンテナ 3 1 n 及び 4 つの受信アンテナ 3 1 w を備える構成であったが、例えば、4 つの受信アンテナ 3 1 n 及び 4 つの受信アンテナ 3 1 w の代わりに、図 6 に示す 6 つの受信アンテナ 3 1 を設けてもよい。図 6 に示す受信チャンネル c h 1 1 は図 1 に示す受信チャンネル c h 1 及び C H 5 の代わりに用いられ、図 6 に示す受信チャンネル c h 1 2 は図 1 に示す受信チャンネル c h 2 の代わりに用いられ、図 6 に示す受信チャンネル c h 1 3 は図 1 に示す受信チャンネル c h 3 及び C H 6 の代わりに用いられ、図 6 に示す受信チャンネル c h 1 4 ~ C h 1 6 はそれぞれ図 1 に示す受信チャンネル c h 4、C H 7、及び C H 8 の代わりに用いられる。

40

【 0 0 4 8 】

そして、図 6 に示す 6 つの受信アンテナ 3 1 を設ける場合、アンテナ間隔が第 1 の間隔 d 1 である複数の受信アンテナの一部と、アンテナ間隔が第 2 の間隔 d 2 である複数の受信アンテナの一部と、が共通の受信アンテナになる。したがって、図 6 に示す 6 つの受信

50

アンテナ 3 1 を設ける場合、受信アンテナ 3 1 の個数を減らすことができ、それに伴い個別受信部 3 2 の個数も減らすことができる。

【 0 0 4 9 】

また上述した実施形態で説明したレーダ装置 1 は、受信アンテナ間隔に応じた角度精度と位相折り返しとのトレードオフの関係に起因する課題を解決するレーダ装置であった。ここで、例えば ESPRIT、DoA-matrix 等のようにサブアレー間の位相差から角度を算出する方位演算処理を用いる場合、位相差に応じた角度精度と位相折り返しとのトレードオフの関係に起因する課題を解決する必要がある。位相差に応じた角度精度と位相折り返しとのトレードオフの関係では、サブアレー間の移動量が大きければ物標の角度精度は良くなるものの位相折り返しが発生し易いのに対し、サブアレー間の移動量が小さければ位相折り返しは発生し難くなるものの物標の角度精度は悪くなる。

10

【 0 0 5 0 】

そこで、図 1 に示すレーダ装置 1 を図 7 に示す構成に変更し、角度算出部 4 6 が以下のように角度算出を行ってもよい。それ以外の構成及び動作については、基本的に上述した実施形態と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 5 1 】

角度算出部 4 6 は、1 c h の受信アンテナ 3 1 と 2 c h の受信アンテナ 3 1 の組み合わせである第 1 のサブアレーで得られた受信信号と、2 c h の受信アンテナ 3 1 と 3 c h の受信アンテナ 3 1 の組み合わせである第 2 のサブアレーで得られた受信信号とから、図 2 に示す 2 つの物標 1 及び 2 を導出し、物標 1 の第 1 の角度  $\theta_{11}$  及び物標 2 の第 1 の角度  $\theta_{21}$  を算出する。

20

【 0 0 5 2 】

角度算出部 4 6 は、1 c h の受信アンテナ 3 1 と 2 c h の受信アンテナ 3 1 の組み合わせである第 3 のサブアレーで得られた受信信号と、3 c h の受信アンテナ 3 1 と 4 c h の受信アンテナ 3 1 の組み合わせである第 4 のサブアレーで得られた受信信号とから、図 3 に示す 2 つの物標 1 及び 2 を導出し、物標 1 の第 2 の角度  $\theta_{12}$  及び物標 2 の第 2 の角度  $\theta_{22}$  を算出する。

【 0 0 5 3 】

図 7 に示すレーダ装置 1 は、位相差に応じた角度精度と位相折り返しとのトレードオフの関係に起因する課題を解決することができる。したがって、位相折り返しの問題を解消しつつ複数の物標それぞれの角度精度を向上できる。

30

【 0 0 5 4 】

また上述した実施形態では車載レーダ装置について説明したが、本発明は、道路等に設置されるインフラレーダ装置、航空機監視レーダ装置等にも適用可能である。

【符号の説明】

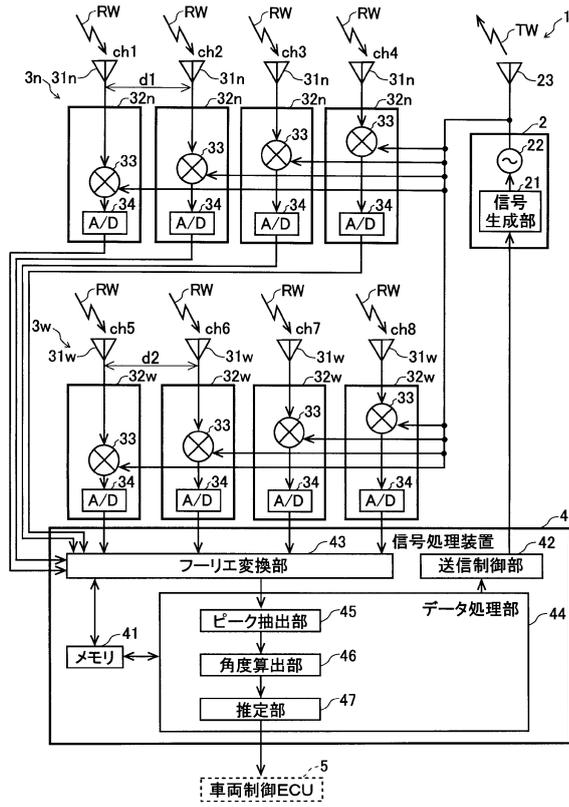
【 0 0 5 5 】

- 1 レーダ装置
- 2 送信部
- 3 受信部
- 3 1、3 1 n、3 1 w 受信アンテナ
- 4 信号処理装置
- 4 6 角度算出部
- 4 7 推定部

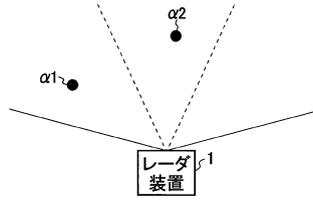
40

【図面】

【図 1】



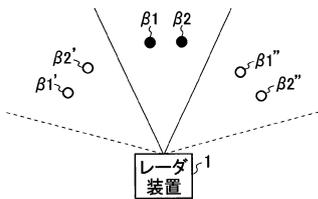
【図 2】



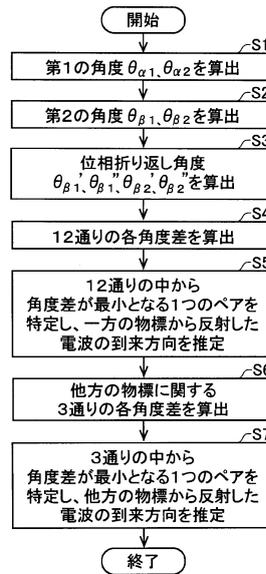
10

20

【図 3】



【図 4】



30

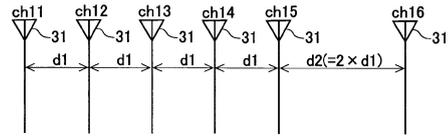
40

50

【 図 5 】



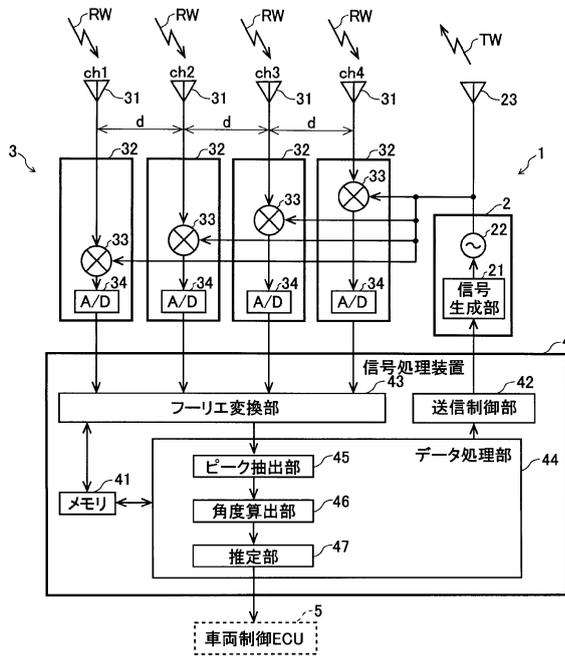
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2014-002053(JP,A)  
特開2014-139536(JP,A)  
特開2016-161282(JP,A)  
特開2011-226794(JP,A)  
特開2000-230974(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G01S 3/00 - 3/74  
G01S 7/00 - 7/42  
G01S 13/00 - 13/95