

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7650676号
(P7650676)

(45)発行日 令和7年3月25日(2025.3.25)

(24)登録日 令和7年3月14日(2025.3.14)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 S 13/34 (2006.01) G 0 1 S 13/34

請求項の数 9 (全19頁)

(21)出願番号	特願2021-17895(P2021-17895)	(73)特許権者	000166247 古野電気株式会社 兵庫県西宮市芦原町9番52号
(22)出願日	令和3年2月8日(2021.2.8)	(74)代理人	110000682 弁理士法人ワンディ・IPパートナーズ
(65)公開番号	特開2022-120872(P2022-120872 A)	(72)発明者	中谷 文弥 兵庫県西宮市芦原町9番52号 古野電 気株式会社内
(43)公開日	令和4年8月19日(2022.8.19)	審査官	山下 雅人
審査請求日	令和6年1月24日(2024.1.24)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーダ信号処理装置、レーダ装置、レーダ信号処理方法およびレーダ信号処理プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

送信信号と、受信信号とのビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号を複数生成する抽出信号生成部と、複数の前記抽出ビート信号を、距離と振幅との関係を示す振幅データに変換する変換部と、

複数の前記振幅データを統合した統合データを生成する統合データ生成部とを備え、前記抽出信号生成部は、前記処理信号から、通過時間域が異なる複数の窓関数を乗ずることにより前記抽出ビート信号を複数生成する、レーダ信号処理装置。

【請求項2】

前記統合データ生成部は、前記距離ごとに複数の前記振幅データのいずれか1つの前記振幅を選択することにより前記統合データを生成する、請求項1に記載のレーダ信号処理装置。

【請求項3】

前記抽出信号生成部は、時間的に連続した前記時間範囲に基づいて抽出した前記抽出ビート信号を複数生成する、請求項1または請求項2に記載のレーダ信号処理装置。

【請求項4】

前記抽出信号生成部は、前記抽出ビート信号の1つとして、複数の前記時間範囲を包含する前記時間範囲に基づいて抽出した前記抽出ビート信号を生成する、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のレーダ信号処理装置。

【請求項 5】

複数の前記窓関数は、形状の設計が同じものを含む、請求項 1 に記載のレーダ信号処理装置。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載のレーダ信号処理装置と、
前記送信信号を送信する送信部と、
送信された前記送信信号が物標により反射された信号である反射信号を受信する受信部とを備える、レーダ装置。

【請求項 7】

前記送信部は、回転するアンテナを介して前記送信信号を送信し、
前記受信部は、回転するアンテナを介して前記反射信号を受信する、請求項 6 に記載のレーダ装置。

10

【請求項 8】

レーダ信号処理装置におけるレーダ信号処理方法であって、
送信信号と、受信信号とのビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号を複数生成し、
複数の前記抽出ビート信号を、距離と振幅との関係を示す振幅データに変換し、
複数の前記振幅データを統合した統合データを生成し、
前記処理信号から、通過時間域が異なる複数の窓関数を乗ずることにより前記抽出ビート信号を複数生成する、レーダ信号処理方法。

20

【請求項 9】

レーダ信号処理装置において用いられるレーダ信号処理プログラムであって、
送信信号と、受信信号とのビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号を複数生成する処理と、
複数の前記抽出ビート信号を、距離と振幅との関係を示す振幅データに変換する処理と、
複数の前記振幅データを統合した統合データを生成する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラムであり、
前記処理信号から、通過時間域が異なる複数の窓関数を乗ずることにより前記抽出ビート信号を複数生成する、レーダ信号処理プログラム。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーダ信号処理装置、レーダ装置、レーダ信号処理方法およびレーダ信号処理プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、ビート信号から干渉波を除去する技術が知られている。たとえば、特許文献 1 (米国特許第 9 4 4 2 1 9 1 号明細書) には、以下のようなレーダシステムが開示されている。すなわち、レーダシステムは、互いに並列な信号処理回路である第 1 信号処理経路および第 2 信号処理経路の各々において、ビート信号のコピーから干渉を除去し、異なる周波数応答を有する複数の窓関数から少なくとも 1 つの窓関数を選択してビート信号に適用し、ビート信号を時間領域から周波数領域に変換する。そして、レーダシステムは、第 1 信号処理経路の出力および第 2 信号処理経路の出力を組み合わせることで出力ビート信号を生成する。ここで、レーダシステムにおける第 1 信号処理経路および第 2 信号処理経路の各々において、他の並列の信号処理経路とは異なる干渉除去方法および窓関数が適用される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】米国特許第 9 4 4 2 1 9 1 号明細書

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1に記載の技術では、ビート信号から干渉波を除去することにより、当該ビート信号に基づいて生成されるパワースペクトルにおけるレンジサイドローブが増大し、物標を正確に検知することができない場合がある。特許文献1に記載の技術を超えて、ビート信号に基づいて物標をより正確に検知することが可能な技術が望まれる。

【0005】

この発明は、上述の課題を解決するためになされたもので、その目的は、ビート信号に基づいて物標をより正確に検知することが可能なレーダ信号処理装置、レーダ装置、レーダ信号処理方法およびレーダ信号処理プログラムを提供することである。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、この発明のある局面に係るレーダ信号処理装置は、送信信号と、受信信号とのビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号を複数生成する抽出信号生成部と、複数の前記抽出ビート信号を、距離と振幅との関係を示す振幅データに変換する変換部と、複数の前記振幅データを統合した統合データを生成する統合データ生成部とを備える。

【0007】

このように、ビート信号に基づく処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号を複数生成し、複数の抽出ビート信号を振幅データにそれぞれ変換し、複数の振幅データを統合した統合データを生成する構成により、たとえば干渉成分を除去するために振幅がゼロに置換されたビート信号が含まれない抽出ビート信号に基づく振幅データを用いて統合データを生成することができるので、ビート信号の一部の振幅がゼロに置換されることによる統合データにおけるレンジサイドローブの増大を抑制し、レンジサイドローブが小さい統合データに基づいて物標をより正確に検知することができる。したがって、ビート信号に基づいて物標をより正確に検知することができる。

20

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、ビート信号に基づいて物標をより正確に検知することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0009】

【図1】図1は、本発明の実施の形態に係るレーダ装置の構成を示す図である。

【図2】図2は、本発明の実施の形態に係るレーダ装置における信号処理部の構成を示す図である。

【図3】図3は、本発明の実施の形態に係る信号処理部における窓関数/FFT処理部の構成を示す図である。

【図4】図4は、本発明の実施の形態に係る信号処理部における窓関数/FFT処理部が干渉除去部から受けるビート信号の一例を示す図である。

【図5】図5は、本発明の実施の形態に係る信号処理部における窓関数/FFT処理部が干渉除去部から受けるビート信号の一例を示す図である。

40

【図6】図6は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数/FFT処理部において用いられる窓関数の一例を示す図である。

【図7】図7は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数/FFT処理部において生成される振幅データの一例を示す図である。

【図8】図8は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数/FFT処理部において生成される統合データの一例を示す図である。

【図9】図9は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数/FFT処理部において生成される統合データの一例を示す図である。

【図10】図10は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数/FFT処理部において生成される統合データの一例を示す図である。

50

【図 1 1】図 1 1 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数 / F F T 処理部において生成される統合データの一例を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、本発明の実施の形態に係るレーダ装置が統合データの生成を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。また、以下に記載する実施の形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

【0011】

[構成および基本動作]

<レーダ装置>

図 1 は、本発明の実施の形態に係るレーダ装置の構成を示す図である。

【0012】

図 1 を参照して、レーダ装置 300 は、レーダ部 201 と、表示処理部 202 とを備える。レーダ部 201 は、信号発生部 110 と、送信部 120 と、送信アンテナ 130 と、受信アンテナ 140 と、受信部 150 と、ミキサ部 160 と、A/D (Analog to Digital) 変換部 170 と、信号処理部 100 とを備える。信号処理部 100 は、レーダ信号処理装置の一例である。たとえば、レーダ装置 300 は、FM-CW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式のレーダ装置であり、船舶に搭載される。レーダ装置 300 は、船舶が監視する領域である検知対象エリアにおける物標の有無およびレーダ装置 300 と物標との間の距離を示すエコー画像を、図示しない表示装置に表示する処理を行う。

【0013】

レーダ部 201 は、検知対象エリアを複数に分割した領域である分割対象エリアにおける物標の検知結果を示すエコーデータを表示処理部 202 へ出力する。送信アンテナ 130 および受信アンテナ 140 は、送信アンテナ 130 による電波の放射方向の方位角が所定のスイープ期間 T ごとに所定角度ずつ変化するように回転する。レーダ部 201 は、スイープ期間 T ごとの複数の分割対象エリアにおけるエコーデータを表示処理部 202 へそれぞれ出力する。

【0014】

表示処理部 202 は、レーダ部 201 から受けた複数のエコーデータに基づいて、検知対象エリアにおけるエコー画像を表示装置に表示する処理を行う。

【0015】

<レーダ部>

信号発生部 110 は、所定パターンのアナログ信号を繰り返し生成して送信部 120 へ出力する。より詳細には、信号発生部 110 は、スイープ期間 T おいて、たとえば FM-CW 方式の変調方式を用いて生成した、周波数が単位時間あたりに所定量増加するアナログ信号を送信部 120 へ出力する。具体的には、たとえば、信号発生部 110 は、電圧発生部と、VCO (Voltage-Controlled Oscillator) とを含む。電圧発生部は、スイープ期間 T おいて、大きさが一定の割合で増加する FM 変調電圧を生成して VCO へ出力する。VCO は、電圧発生部から受ける FM 変調電圧の大きさに応じた周波数を有するアナログ信号を生成して送信部 120 へ出力する。

【0016】

送信部 120 は、送信信号を送信する。より詳細には、送信部 120 は、スイープ期間 T おいて、信号発生部 110 から受けたアナログ信号に基づいて RF (Radio Frequency) 帯の送信信号を生成し、生成した RF 帯の送信信号を、レーダ部 201 の回転に伴って回転する送信アンテナ 130 を介して分割対象エリアへ出力する。また、送信部 120 は、生成した RF 帯の送信信号をミキサ部 160 へ出力する。具体的には、たとえば、送信部 120 は、ミキサと、パワーアンプとを含む。当該ミキサは、信号発

10

20

30

40

50

生部 1 1 0 から受けたアナログ信号に基づいて、RF 帯の送信信号を生成し、生成した送信信号をパワーアンプおよびミキサ部 1 6 0 へ出力する。送信部 1 2 0 において、パワーアンプは、ミキサから受けた送信信号を増幅し、増幅後の送信信号を、送信アンテナ 1 3 0 を介して分割対象エリアへ出力する。

【 0 0 1 7 】

受信部 1 5 0 は、送信信号が物標により反射された信号である反射信号を受信する。より詳細には、受信部 1 5 0 は、送信アンテナ 1 3 0 から送信された送信信号が分割対象エリアにおける物標によって反射された信号である RF 帯の反射信号を、レーダ部 2 0 1 の回転に伴って回転する受信アンテナ 1 4 0 を介して受信する。また、受信部 1 5 0 は、干渉物体が送信した干渉波を受信アンテナ 1 4 0 経由で受信することもある。干渉物体は、たとえば、分割対象エリア内または分割対象エリア外に位置するパルスレーダ装置等である。受信部 1 5 0 は、受信アンテナ 1 4 0 を介して受信した信号をミキサ部 1 6 0 へ出力する。具体的には、たとえば、受信部 1 5 0 は、ローノイズアンプを含む。ローノイズアンプは、受信アンテナ 1 4 0 を介して受信した RF 帯の受信信号を増幅し、増幅後の受信信号をミキサ部 1 6 0 へ出力する。

10

【 0 0 1 8 】

ミキサ部 1 6 0 は、レーダ装置 3 0 0 から送信される送信信号と、レーダ装置 3 0 0 により受信された受信信号とのビート信号を生成する。ここで、ビート信号は、送信部 1 2 0 により送信される送信信号の周波数成分と受信部 1 5 0 により受信された受信信号の周波数成分との差の周波数成分を有する信号である。より詳細には、ミキサ部 1 6 0 は、たとえば 2 つのミキサを含む。図示しない分岐部は、送信部 1 2 0 から出力される送信信号を分岐するとともに分岐した送信信号に 90° の位相差を付与してミキサ部 1 6 0 における各ミキサへ出力する。また、図示しない分岐部は、受信部 1 5 0 から出力される受信信号を分岐してミキサ部 1 6 0 における各ミキサへ出力する。ミキサ部 1 6 0 における 2 つのミキサは、送信信号と受信信号とをそれぞれ乗算することにより、I 信号 S_i および Q 信号 S_q の組からなるアナログのビート信号 S_A を生成して A/D 変換部 1 7 0 へ出力する。

20

【 0 0 1 9 】

A/D 変換部 1 7 0 は、ミキサ部 1 6 0 から受けたアナログのビート信号 S_A を、I 信号 S_i および Q 信号 S_q の組からなるデジタル信号であるビート信号 S_D に変換する。より詳細には、A/D 変換部 1 7 0 は、スイープ期間 T ごとに、所定のサンプリング周波数でサンプリングを行うことにより N 個の I 信号 S_i および N 個の Q 信号 S_q の組からなる N 個のビート信号 S_D を生成して信号処理部 1 0 0 へ出力する。 N は、2 以上の整数である。

30

【 0 0 2 0 】

信号処理部 1 0 0 は、各スイープ期間 T において A/D 変換部 1 7 0 から受けた N 個のビート信号 S_D を処理することにより、スイープ期間 T ごとの分割対象エリアにおける物標の検知結果を示すエコーデータを生成する。信号処理部 1 0 0 は、生成したエコーデータを表示処理部 2 0 2 へ出力する。以下、信号処理部 1 0 0 がスイープ期間 T において A/D 変換部 1 7 0 から受けた、サンプル番号が n 番のビート信号 S_D を、ビート信号 $S_D(n)$ とも称する。 n は、1 以上かつ N 以下の整数であり、スイープ期間 T の開始からの経過時間に対応する。ビート信号 $S_D(n)$ は、サンプル番号が n 番の I 信号 $S_i(n)$ およびサンプル番号が n 番の Q 信号 $S_q(n)$ の組からなる信号である。

40

【 0 0 2 1 】

なお、レーダ装置 3 0 0 は、送信アンテナ 1 3 0 および受信アンテナ 1 4 0 の代わりに、送信アンテナ 1 3 0 および受信アンテナ 1 4 0 として機能する 1 つのアンテナを備える構成であってもよい。この場合、たとえば、送信部 1 2 0 は、サーキュレータ経由で送信信号を送信アンテナ 1 3 0 へ送信する。また、たとえば、受信部 1 5 0 は、サーキュレータ経由で受信信号を受信アンテナ 1 4 0 から受信する。

【 0 0 2 2 】

50

< 表示処理部 >

表示処理部 202 は、信号処理部 100 から受けた分割対象エリアごとのエコーデータに基づいて、検知対象エリアにおけるエコーデータである統合データを生成し、生成した統合データに基づいて、検知対象エリアにおけるエコー画像を図示しない表示装置に表示する処理を行う。

【0023】

< 信号処理部 >

図 2 は、本発明の実施の形態に係るレーダ装置における信号処理部の構成を示す図である。図 2 を参照して、信号処理部 100 は、干渉除去部 20 と、窓関数 / FFT (Fast Fourier Transform) 処理部 30 と、絶対値 / 対数変換部 40 とを備える。

10

【0024】

干渉除去部 20 は、スイープ期間 T ごとに、A / D 変換部 170 から N 個のビート信号 SD を受けて、受けたビート信号 SD の成分から干渉波に基づく成分である干渉成分を除去する FFT 前処理を行う。たとえば、干渉除去部 20 は、FFT 前処理において、干渉波が含まれるビート信号 SD (n) を検出した場合、干渉波が含まれるビート信号 SD (n) における I 信号 Si (n) および Q 信号 Sq (n) の振幅をゼロに置換することにより干渉成分を除去する。干渉除去部 20 は、FFT 前処理後のビート信号 SD (n) を窓関数 / FFT 処理部 30 へ出力する。

【0025】

20

窓関数 / FFT 処理部 30 は、スイープ期間 T ごとに、干渉除去部 20 から受けた、FFT 前処理後の N 個のビート信号 SD (n) に所定の窓関数を掛け合わせる窓関数処理を行い、窓関数処理後のビート信号 SD (n) に対して FFT 処理等の処理を行うことにより、統合データ DI を生成する。窓関数 / FFT 処理部 30 は、生成した統合データ DI を絶対値 / 対数変換部 40 へ出力する。窓関数 / FFT 処理部 30 による窓関数処理および FFT 処理の詳細については、後述する。

【0026】

絶対値 / 対数変換部 40 は、窓関数 / FFT 処理部 30 から受けた統合データ DI の絶対値を対数変換することによりエコーデータを生成し、生成したエコーデータを表示処理部 202 へ出力する。

30

【0027】

< 窓関数 / FFT 処理部 >

図 3 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部における窓関数 / FFT 処理部の構成を示す図である。図 3 を参照して、窓関数 / FFT 処理部 30 は、抽出信号生成部 31 と、変換部 32 と、統合データ生成部 33 とを備える。抽出信号生成部 31 は、窓関数処理部 31A, 31B, 31C を含む。変換部 32 は、FFT 処理部 32A, 32B, 32C を含む。

【0028】

(抽出信号生成部)

抽出信号生成部 31 は、ビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E を複数生成する。たとえば、抽出信号生成部 31 は、対象時間領域 Ta のビート信号 SD (n) に基づいて、対象時間領域 Ta における互いに異なる複数の時間範囲のビート信号 SD (n) にそれぞれ基づく複数の抽出ビート信号 E を生成する。対象時間領域 Ta のビート信号 SD (n) は、処理信号の一例である。

40

【0029】

より詳細には、窓関数処理部 31A, 31B, 31C の各々は、干渉除去部 20 からビート信号 SD (n) を受けて、受けたビート信号 SD (n) の一部または全部である、所定の対象時間領域 Ta のビート信号 SD (n) に基づいて、抽出ビート信号 E を生成する。一例として、窓関数処理部 31A, 31B, 31C の各々は、干渉除去部 20 から受け

50

たN個のビート信号 $S D(n)$ の全部である対象時間領域 $T a$ のビート信号 $S D(n)$ に基づいて、抽出I信号 $E i$ および抽出Q信号 $E q$ の組からなる抽出ビート信号 E を生成する。

【0030】

ここで、窓関数処理部31A, 31B, 31Cは、干渉除去部20から、干渉成分が除去されたビート信号 $S D(n)$ として、たとえば一部のI信号 $S i(n)$ およびQ信号 $S q(n)$ の振幅がゼロに置換されたビート信号 $S D(n)$ を受けられる場合がある。

【0031】

図4および図5は、本発明の実施の形態に係る信号処理部における窓関数/FFT処理部が干渉除去部から受けるビート信号の一例を示す図である。図5は、図4における領域R1の拡大図である。図4および図5において、横軸はビート信号 $S D(n)$ のサンプル番号 n の値であり、縦軸は振幅である。図4および図5における実線は、ビート信号 $S D(n)$ におけるI信号 $S i(n)$ を示している。図4および図5における破線は、ビート信号 $S D(n)$ におけるQ信号 $S q(n)$ を示している。

10

【0032】

図4および図5を参照して、一例として、窓関数処理部31A, 31B, 31Cは、干渉除去部20から、サンプル番号 n が170~175のI信号 $S i(n)$ およびQ信号 $S q(n)$ の振幅がゼロに置換されたビート信号 $S D(n)$ を受けられる。

【0033】

たとえば、窓関数処理部31A, 31B, 31Cは、干渉除去部20から受けたビート信号 $S D(n)$ に対して窓関数処理を行う。窓関数処理部31A, 31B, 31Cの各々は、ビート信号 $S D(n)$ から、通過時間域が異なる複数の窓関数 $W f$ を乗ずることにより抽出ビート信号 E を複数生成する。すなわち、窓関数処理部31A, 31B, 31Cの各々は、窓関数処理において、干渉除去部20から受けたN個のビート信号 $S D(n)$ に、通過域となる時間領域である通過時間領域 $T P$ が互いに異なる窓関数 $W f$ を乗ずることにより、抽出ビート信号 E を生成する。

20

【0034】

より詳細には、窓関数処理部31Aは、ビート信号 $S D(n)$ におけるI信号 $S i(n)$ およびQ信号 $S q(n)$ に窓関数 $W f A$ を乗ずることにより、抽出I信号 $E i A$ および抽出Q信号 $E q A$ の組からなる抽出ビート信号 E である抽出ビート信号 $E A$ を生成する。

30

【0035】

また、窓関数処理部31Bは、ビート信号 $S D(n)$ におけるI信号 $S i(n)$ およびQ信号 $S q(n)$ に窓関数 $W f B$ を乗ずることにより、抽出I信号 $E i B$ および抽出Q信号 $E q B$ の組からなる抽出ビート信号 E である抽出ビート信号 $E B$ を生成する。

【0036】

また、窓関数処理部31Cは、ビート信号 $S D(n)$ におけるI信号 $S i(n)$ およびQ信号 $S q(n)$ に窓関数 $W f C$ を乗ずることにより、抽出I信号 $E i C$ および抽出Q信号 $E q C$ の組からなる抽出ビート信号 E である抽出ビート信号 $E C$ を生成する。

【0037】

図6は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数/FFT処理部において用いられる窓関数の一例を示す図である。図6において、横軸はビート信号 $S D(n)$ のサンプル番号 n の値であり、縦軸は窓関数 $W f$ の窓ウェイトである。上述したように、サンプル番号 n は、スweep期間 T の開始からの経過時間に対応する。図6における実線は、窓関数処理部31Aによる窓関数処理において用いられる窓関数 $W f A$ を示している。図6における破線は、窓関数処理部31Bによる窓関数処理において用いられる窓関数 $W f B$ を示している。図6における一点鎖線は、窓関数処理部31Cによる窓関数処理において用いられる窓関数 $W f C$ を示している。

40

【0038】

図6を参照して、窓関数 $W f A$ の通過時間領域 $T P$ である通過時間領域 $T P A$ は、サンプル番号 $n = 0$ に対応する時刻 t_0 から、サンプル番号 $n = N$ に対応する時刻 t_N まで

50

の時間である。また、窓関数 WfB の通過時間領域 TP である通過時間領域 TPB は、サンプル番号 $n = 0$ に対応する時刻 t_0 から、サンプル番号 $n = k$ に対応する時刻 t_k までの時間である。また、窓関数 WfC の通過時間領域 TP である通過時間領域 TPC は、サンプル番号 $n = (k + 1)$ に対応する時刻 $t_{(k + 1)}$ から、サンプル番号 $n = N$ に対応する時刻 t_N までの時間である。ここで、 k は、2 以上かつ N 未満の整数であり、たとえば $N / 2$ に最も近い整数である。すなわち、通過時間領域 TPA 、 TPB 、 TPC は、それぞれ、対象時間領域 Ta の全体の時間領域、対象時間領域 Ta の前半の時間領域、および対象時間領域 Ta の後半の時間領域に対応する。たとえば、複数の窓関数 Wf は、形状の設計が同じものを含む。図 6 に示す例では、窓関数 WfB および窓関数 WfC は、通過時間領域 TPB 、 TPC における形状が互いに同じである。なお、窓関数 WfA 、 WfB 、 WfC の形状は、図 6 に示す形状に限定されず、他の形状であってもよい。

10

【0039】

たとえば、抽出信号生成部 31 は、時間的に連続した時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E を複数生成する。すなわち、抽出信号生成部 31 は、時間的に連続する複数の時間範囲のビート信号 (n) にそれぞれ基づく複数の抽出ビート信号 E を生成する。より詳細には、時刻 t_0 から時刻 t_k までの時間である通過時間領域 TPB 、および時刻 $t_{(k + 1)}$ から時刻 t_N までの時間である通過時間領域 TPC は、時間的にこの順に連続する時間領域である。窓関数処理部 31B、31C は、それぞれ、ビート信号 $SD(n)$ に窓関数 WfB 、 WfC を乗ずることにより、時間的に連続する複数の時間範囲のビート信号 (n) にそれぞれ基づく抽出ビート信号 EB 、 EC を生成する。

20

【0040】

たとえば、抽出信号生成部 31 は、抽出ビート信号 E の 1 つとして、複数の時間範囲を包含する時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E を生成する。すなわち、抽出信号生成部 31 は、複数の抽出ビート信号 E の 1 つとして、対象時間領域 Ta のビート信号 $SD(n)$ に基づく抽出ビート信号 E を生成する。より詳細には、通過時間領域 TPA は、対象時間領域 Ta に対応する時間領域である。窓関数処理部 31A は、ビート信号 $SD(n)$ に窓関数 WfA を乗ずることにより、対象時間領域 Ta のビート信号 $SD(n)$ に基づく抽出ビート信号 EA を生成する。

【0041】

たとえば、通過時間領域 TPA および通過時間領域 TPB は、サンプル番号 n が 170 ~ 175 に対応する時刻を含む一方で、通過時間領域 TPC は、サンプル番号 n が 170 ~ 175 に対応する時刻を含まない。すなわち、抽出ビート信号 EA 、 EB は、振幅がゼロに置換された I 信号 $Si(n)$ および Q 信号 $Sq(n)$ を含む一方で、抽出ビート信号 EC は、振幅がゼロに置換された I 信号 $Si(n)$ および Q 信号 $Sq(n)$ を含まない。

30

【0042】

窓関数処理部 31A、31B、31C は、それぞれ、生成した抽出ビート信号 EA 、 EB 、 EC を、変換部 32 における FFT 処理部 32A、32B、32C へ出力する。

【0043】

(変換部)

変換部 32 は、複数の抽出ビート信号 E を、距離と振幅との関係を示す振幅データ DS に変換する。すなわち、変換部 32 は、複素信号である複数の抽出ビート信号 E を、レーダ装置 300 からの距離 d と振幅との関係を示す振幅データ DS にそれぞれ変換する。

40

【0044】

より詳細には、変換部 32 は、抽出信号生成部 31 から複数の抽出ビート信号 E を受けて、受けた抽出ビート信号 E に対して FFT 処理を行うことにより、複素信号であるパワースペクトル P を生成する。そして、変換部 32 は、抽出ビート信号 E ごとに生成した各パワースペクトル P における周波数に係数 C を掛けて周波数を距離 d に変換する処理等を行うことにより、複素信号である振幅データ DS を抽出ビート信号 E ごとに生成する。

【0045】

具体的には、FFT 処理部 32A は、窓関数処理部 31A から抽出ビート信号 EA を受

50

けて、受けた抽出ビート信号 $E A$ に対して $F F T$ 処理を行うことによりパワースペクトル $P A$ を生成する。そして、 $F F T$ 処理部 3 2 A は、生成したパワースペクトル $P A$ における周波数に係数 C を掛けて周波数を距離 d に変換する処理を行うことにより、距離 d と振幅との関係を示す振幅データ $D S A$ を生成する。

【 0 0 4 6 】

また、 $F F T$ 処理部 3 2 B は、窓関数処理部 3 1 B から抽出ビート信号 $E B$ を受けて、受けた抽出ビート信号 $E B$ に対して $F F T$ 処理を行うことによりパワースペクトル $P B$ を生成する。そして、 $F F T$ 処理部 3 2 B は、生成したパワースペクトル $P B$ における周波数に係数 C を掛けて周波数を距離 d に変換するとともに、パワースペクトル $P B$ における I データおよび Q データをそれぞれ 2 倍する処理を行うことにより、距離 d と振幅との関係を示す振幅データ $D S B$ を生成する。ここで、窓関数 $W f B$ の通過時間領域 $T P B$ は、窓関数 $W f A$ の通過時間領域 $T P A$ の $1 / 2$ であるので、パワースペクトル $P B$ の出力は、パワースペクトル $P A$ の $1 / 2$ である。したがって、 $F F T$ 処理部 3 2 B は、窓関数 $W f$ の通過時間領域 $T P$ の比率により生じるパワースペクトル P の比率を補償するために、パワースペクトル $P B$ における I データおよび Q データをそれぞれ 2 倍する処理を行う。たとえば、 $F F T$ 処理部 3 2 B は、窓関数 $W f B$ の通過時間領域 $T P B$ が窓関数 $W f A$ の通過時間領域 $T P A$ の $1 / K$ である場合、パワースペクトル $P B$ の出力とパワースペクトル $P A$ との比率を補償するために、パワースペクトル $P B$ における I データおよび Q データをそれぞれ K 倍する処理を行う。

【 0 0 4 7 】

また、 $F F T$ 処理部 3 2 C は、窓関数処理部 3 1 C から抽出ビート信号 $E C$ を受けて、受けた抽出ビート信号 $E C$ に対して $F F T$ 処理を行うことによりパワースペクトル $P C$ を生成する。そして、 $F F T$ 処理部 3 2 C は、生成したパワースペクトル $P C$ における周波数に係数 C を掛けて周波数を距離 d に変換するとともに、 $F F T$ 処理部 3 2 B と同様に、パワースペクトル $P C$ における I データおよび Q データをそれぞれ 2 倍する処理を行うことにより、距離 d と振幅との関係を示す振幅データ $D S C$ を生成する。

【 0 0 4 8 】

図 7 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数 / $F F T$ 処理部において生成される振幅データの一例を示す図である。図 7 において、横軸は距離 d [m] であり、縦軸は振幅 [d B] である。図 7 における破線は、振幅データ $D S A$ の振幅 $X a$ を示している。図 7 における一点鎖線は、振幅データ $D S B$ の振幅 $X b$ を示している。図 7 における二点鎖線は、振幅データ $D S C$ の振幅 $X c$ を示している。

【 0 0 4 9 】

図 7 を参照して、振幅データ $D S C$ は、振幅データ $D S A$, $D S B$ と比べて、レンジサイドローブが小さい。これは、上述したように、抽出ビート信号 $E A$, $E B$ は、振幅がゼロに置換された I 信号 $S i (n)$ および Q 信号 $S q (n)$ を含む一方で、抽出ビート信号 $E C$ は、振幅がゼロに置換された I 信号 $S i (n)$ および Q 信号 $S q (n)$ を含まないからである。

【 0 0 5 0 】

$F F T$ 処理部 3 2 A , 3 2 B , 3 2 C は、それぞれ、生成した振幅データ $D S A$, $D S B$, $D S C$ を統合データ生成部 3 3 へ出力する。

【 0 0 5 1 】

(統合データ生成部)

統合データ生成部 3 3 は、複数の振幅データを統合した統合データを生成する。より詳細には、統合データ生成部 3 3 は、振幅データ $D S A$, $D S B$, $D S C$ における距離 d ごとの振幅に基づいて、距離 d と振幅との関係を示す統合データ $D I$ を生成する。

【 0 0 5 2 】

たとえば、統合データ生成部 3 3 は、距離 d ごとに振幅データ $D S A$, $D S B$, $D S C$ のうちのいずれか 1 つの振幅を選択することにより統合データ $D I$ を生成する。一例として、統合データ生成部 3 3 は、振幅データ $D S A$, $D S B$, $D S C$ の最小値取りを行うこ

10

20

30

40

50

とにより、振幅データ $D S A$, $D S B$, $D S C$ の振幅の最小値の集合である統合データ $D I$ を生成する。

【 0 0 5 3 】

より詳細には、統合データ生成部 3 3 は、以下の式 (1) により表される、振幅データ $D S A$ の距離 d ごとの振幅絶対値 $a m p A (d)$ と、以下の式 (2) により表される、振幅データ $D S B$ の距離 d ごとの振幅絶対値 $a m p B (d)$ と、以下の式 (3) により表される、振幅データ $D S C$ の距離 d ごとの振幅絶対値 $a m p C (d)$ とを算出する。

$$a m p A (d) = (I a) ^ 2 + (Q a) ^ 2 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (1)$$

$$a m p B (d) = (I b) ^ 2 + (Q b) ^ 2 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (2)$$

$$a m p C (d) = (I c) ^ 2 + (Q c) ^ 2 \quad \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

10

【 0 0 5 4 】

ここで、 $(I a) ^ 2 + (Q a) ^ 2$ は、振幅データ $D S A$ における I データの 2 乗と、振幅データ $D S A$ における Q データの 2 乗との和である。 $(I b) ^ 2 + (Q b) ^ 2$ は、振幅データ $D S B$ における I データの 2 乗と、振幅データ $D S B$ における Q データの 2 乗との和である。 $(I c) ^ 2 + (Q c) ^ 2$ は、振幅データ $D S C$ における I データの 2 乗と、振幅データ $D S C$ における Q データの 2 乗との和である。

【 0 0 5 5 】

そして、統合データ生成部 3 3 は、距離 d ごとに、振幅絶対値 $a m p A (d)$, $a m p B (d)$, $a m p C (d)$ の最小値を選択する。以下、振幅絶対値 $a m p A (d)$, $a m p B (d)$, $a m p C (d)$ の最小値が振幅絶対値 $a m p A (d)$ であるときの距離 d を距離 $d a$ とし、振幅絶対値 $a m p A (d)$, $a m p B (d)$, $a m p C (d)$ の最小値が振幅絶対値 $a m p B (d)$ であるときの距離 d を距離 $d b$ とし、振幅絶対値 $a m p A (d)$, $a m p B (d)$, $a m p C (d)$ の最小値が振幅絶対値 $a m p C (d)$ であるときの距離 d を距離 $d c$ とする。

20

【 0 0 5 6 】

すなわち、統合データ生成部 3 3 は、振幅絶対値 $a m p A (d)$, $a m p B (d)$, $a m p C (d)$ の比較結果に基づいて、距離 d を距離 $d a$, $d b$, $d c$ のうちのいずれかに決定する。

【 0 0 5 7 】

そして、統合データ生成部 3 3 は、振幅データ $D S A$ における距離 $d a$ に対応する振幅、振幅データ $D S B$ における距離 $d b$ に対応する振幅、および振幅データ $D S C$ における距離 $d c$ に対応する振幅を選択し、選択した振幅からなる統合データ $D I$ を生成する。

30

【 0 0 5 8 】

図 8 および図 9 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数 / F F T 処理部において生成される統合データの一例を示す図である。図 9 は、図 8 における領域 $R 2$ の拡大図である。図 8 および図 9 において、横軸は距離 $d [m]$ であり、縦軸は振幅 $[d B]$ である。図 8 および図 9 における実線は、統合データ $D I$ の振幅を示している。図 8 および図 9 における破線は、振幅データ $D S A$ の振幅を示している。図 8 および図 9 における一点鎖線は、振幅データ $D S B$ の振幅を示している。図 8 および図 9 における二点鎖線は、振幅データ $D S C$ の振幅を示している。

40

【 0 0 5 9 】

図 8 および図 9 を参照して、統合データ生成部 3 3 は、振幅データ $D S A$ の振幅、振幅データ $D S B$ の振幅および振幅データ $D S C$ の振幅の最小値の集合である統合データ $D I$ を生成する。

【 0 0 6 0 】

統合データ生成部 3 3 は、生成した統合データ $D I$ を絶対値 / 対数変換部 4 0 へ出力する。

【 0 0 6 1 】

図 1 0 および図 1 1 は、本発明の実施の形態に係る信号処理部の窓関数 / F F T 処理部において生成される統合データの一例を示す図である。図 1 0 は、図 1 1 における領域 R

50

3の拡大図である。図10および図11において、横軸は距離 d [m]であり、縦軸は振幅 [dB] である。図10および図11における実線は、統合データDIの振幅を示している。図10および図11における破線は、干渉が混入し、その領域がゼロに置換されたビート信号 $SD(n)$ に基づく抽出ビート信号EAに対してFFT処理等を行うことにより生成された振幅データ DSA_1 を示している。図10および図11における一点鎖線は、干渉が混入しておらず、ゼロに置換された領域が無い理想的なビート信号 $SD(n)$ に基づく抽出ビート信号EAに対してFFT処理等を行うことにより生成された振幅データ DSA_2 を示している。

【0062】

図10および図11を参照して、干渉成分が除去されたビート信号 $SD(n)$ に基づいて生成された振幅データ DSA_1 は、振幅データ DSA_2 と比べて、レンジサイドローブが大きい。一方、統合データDIは、振幅データ DSA_1 、 DSA_2 と同様のピーク形状を有しており、かつ振幅データ DSA_1 と比べてレンジサイドローブが小さい。したがって、本発明の実施の形態に係るレーダ装置100では、干渉成分が除去されたビート信号 $SD(n)$ に基づいて、干渉が混入していない理想的なビート信号と同様のピーク形状を保ちつつ、かつレンジサイドローブが小さい統合データDIを生成することができるので、統合データDIに基づいて物標をより正確に検知することができる。

【0063】

[動作の流れ]

本発明の実施の形態に係るレーダ装置は、メモリを含むコンピュータを備え、当該コンピュータにおけるCPU等の演算処理部は、以下のフローチャートおよびシーケンスの各ステップの一部または全部を含むプログラムを当該メモリから読み出して実行する。このプログラムは、外部からインストールすることができる。このプログラムは、記録媒体に格納された状態でまたは通信回線を介して流通する。

【0064】

図12は、本発明の実施の形態に係るレーダ装置が統合データの生成を行う際の動作手順の一例を定めたフローチャートである。

【0065】

図12を参照して、まず、レーダ装置300は、ビート信号 $SD(n)$ に窓関数 WfA 、 WfB 、 WfC をそれぞれ乗ずることにより、抽出ビート信号EA、EB、ECを生成する(ステップS102)。

【0066】

次に、レーダ装置300は、抽出ビート信号EA、EB、ECに対してFFT処理等を行うことにより、抽出ビート信号EA、EB、ECを振幅データ DSA 、 DSB 、 DSC に変換する(ステップS104)。

【0067】

次に、レーダ装置300は、振幅データ DSA の距離 d ごとの振幅絶対値 $ampA(d)$ と、振幅データ DSB の距離 d ごとの振幅絶対値 $ampB(d)$ と、振幅データ DSC の距離 d ごとの振幅絶対値 $ampC(d)$ とを算出する(ステップS106)。

【0068】

次に、レーダ装置300は、距離 d ごとに、振幅絶対値 $ampA(d)$ 、 $ampB(d)$ 、 $ampC(d)$ の最小値を選択することにより、距離 d を距離 da 、 db 、 dc のうちいずれかに振り分ける(ステップS108)。

【0069】

次に、レーダ装置300は、振幅データ DSA における距離 da に対応する振幅、振幅データ DSB における距離 db に対応する振幅、および振幅データ DSC における距離 dc に対応する振幅からなる統合データDIを生成する(ステップS110)。

【0070】

なお、本発明の実施の形態に係る信号処理部100では、抽出信号生成部31は、ビート信号 $SD(n)$ に、通過域となる時間領域がそれぞれ異なる窓関数 WfA 、 WfB 、 W

10

20

30

40

50

$f C$ を乗ずることにより抽出ビート信号 $E A$ 、 $E B$ 、 $E C$ を生成する構成であるとしたが、これに限定するものではない。抽出信号生成部31は、窓関数 $W f A$ 、 $W f B$ 、 $W f C$ を用いることなく、ビート信号 $S D(n)$ の一部または全部を抽出することにより互いに異なる複数の時間範囲のビート信号 $S D(n)$ である抽出ビート信号 $E A$ 、 $E B$ 、 $E C$ を生成する構成であってもよい。

【0071】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部100では、抽出信号生成部31は、時間的に連続する複数の時間範囲のビート信号 (n) にそれぞれ基づく抽出ビート信号 $E B$ 、 $E C$ を生成する構成であるとしたが、これに限定するものではない。抽出信号生成部31は、一部が重複する複数の時間範囲のビート信号 (n) にそれぞれ基づく抽出ビート信号 $E B$ 、 $E C$ を生成する構成であってもよい。すなわち、通過時間領域 $T P B$ 、 $T P C$ は、時間的に重複してもよい。ただし、抽出信号生成部31は、時間的に連続する複数の時間範囲のビート信号 (n) にそれぞれ基づく抽出ビート信号 $E B$ 、 $E C$ を生成する構成により、干渉除去部20において振幅がゼロに置換された同一のI信号 $S i(n)$ およびQ信号 $S q(n)$ が抽出ビート信号 $E B$ 、 $E C$ の両方に含まれることを防止することができる。

【0072】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部100では、抽出信号生成部31は、対象時間領域 $T a$ のビート信号 $S D(n)$ に基づく抽出ビート信号 $E A$ を生成する構成であるとしたが、これに限定するものではない。抽出信号生成部31は、抽出ビート信号 $E B$ 、 $E C$ を生成する一方で、抽出ビート信号 $E A$ を生成しない構成であってもよい。すなわち、抽出信号生成部31は、窓関数処理部31Aを含まない構成であってもよい。

【0073】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部100では、抽出信号生成部31は、抽出ビート信号 $E A$ 、 $E B$ 、 $E C$ を生成する構成であるとしたが、これに限定するものではない。抽出信号生成部31は、2つまたは4つ以上の抽出ビート信号 E を生成する構成であってもよい。たとえば、抽出信号生成部31は、対象時間領域 $T a$ を M 分割した互いに異なる M 個の時間範囲のビート信号 $S D(n)$ にそれぞれ基づく M 個の抽出ビート信号 E を生成する構成であってもよい。すなわち、抽出信号生成部31は、互いに異なる通過時間領域 $T P$ を有する M 個の窓関数 $W f$ をビート信号 $S D(n)$ にそれぞれ乗ずることによりビート信号 E をそれぞれ生成する M 個の窓関数処理部を含む構成であってもよい。ここで、 M は、2以上の整数である。 M が大きいほど、ビート信号 $S D(n)$ により多くの干渉波が含まれる場合であっても、レンジサイドローブがより小さい統合データ $D I$ を生成することができる。一方、 M が小さいほど、窓関数 $/ F F T$ 処理部30の構成を簡易化することができる。

【0074】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部100では、統合データ生成部33は、振幅データ $D S A$ 、 $D S B$ 、 $D S C$ の振幅の最小値の集合である統合データ $D I$ を生成する構成であるとしたが、これに限定するものではない。統合データ生成部33は、振幅データ $D S A$ 、 $D S B$ 、 $D S C$ の振幅に対して平均値の算出等の演算処理を行うことにより統合データ $D I$ を生成する構成であってもよい。

【0075】

ところで、ビート信号に基づいて物標をより正確に検知することが可能な技術が望まれる。

【0076】

たとえば、特許文献1に記載のレーダシステムは、ビート信号から干渉波を除去する信号処理経路と、ビート信号から干渉波を除去しない信号処理経路とを備える構成である。このような構成では、ビート信号に基づいて生成されるパワースペクトルにおけるレンジサイドローブが増大し、物標を正確に検知することができない場合がある。

【0077】

これに対して、本発明の実施の形態に係る信号処理部100では、抽出信号生成部31

は、送信信号と、受信信号とのビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E_A, E_B, E_C を生成する。変換部 32 は、抽出ビート信号 E_A, E_B, E_C を、距離 d と振幅との関係を示す振幅データ D_{SA}, D_{SB}, D_{SC} に変換する。統合データ生成部 33 は、振幅データ D_{SA}, D_{SB}, D_{SC} を統合した統合データ D_I を生成する。

【0078】

このように、ビート信号に基づく処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E_A, E_B, E_C を生成し、抽出ビート信号 E_A, E_B, E_C を振幅データ D_{SA}, D_{SB}, D_{SC} にそれぞれ変換し、複数の振幅データ D_{SA}, D_{SB}, D_{SC} を統合した統合データ D_I を生成する構成により、たとえば干渉成分を除去するために振幅がゼロに置換されたビート信号 $S_D(n)$ が含まれない抽出ビート信号 E_C に基づく振幅データ D_{SC} を用いて統合データ D_I を生成することができるので、ビート信号 $S_D(n)$ の一部の振幅がゼロに置換されることによる統合データ D_I におけるレンジサイドローブの増大を抑制し、レンジサイドローブが小さい統合データ D_I に基づいて物標をより正確に検知することができる。したがって、ビート信号 $S_D(n)$ に基づいて物標をより正確に検知することができる。

10

【0079】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部 100 では、抽出信号生成部 31 は、処理信号から、通過時間域が異なる複数の窓関数を乗ずることにより抽出ビート信号 E_A, E_B, E_C を生成する。

20

【0080】

このような構成により、たとえば、適切な窓関数を用いて生成した抽出ビート信号 E_A, E_B, E_C に対してフーリエ変換を行うことにより、誤差がより小さい振幅データ D_{SA}, D_{SB}, D_{SC} を生成することができる。

【0081】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部 100 では、統合データ生成部 33 は、距離 d ごとに振幅データ D_{SA}, D_{SB}, D_{SC} のいずれか 1 つの振幅を選択することにより統合データ D_I を生成する。

【0082】

このような構成により、たとえばレンジサイドローブが最も小さい振幅データ D_S を選択的に用いて、レンジサイドローブがより小さい統合データ D_I を簡単に生成することができる。

30

【0083】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部 100 では、抽出信号生成部 31 は、時間的に連続した時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E_B, E_C を生成する。

【0084】

このような構成により、たとえば干渉成分を除去するために振幅がゼロに置換された 1 つのビート信号 $S_D(n)$ が抽出ビート信号 E_B, E_C の両方に含まれることを抑制することができるので、抽出ビート信号 E_B, E_C に基づく振幅データ D_{SB}, D_{SC} の少なくとも一方において、当該ビート信号 $S_D(n)$ の振幅がゼロに置換されることによるレンジサイドローブの増大を抑制することができる。

40

【0085】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部 100 では、抽出信号生成部 31 は、抽出ビート信号 E の 1 つとして、複数の時間範囲を包含する時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 E_A を生成する。

【0086】

このような構成により、より多くのサンプル数のビート信号 $S_D(n)$ に基づく抽出データ E_A に基づいて、より高い距離分解能の振幅データ D_{SA} を生成することができるので、振幅データ D_{SA} を用いてより高い距離分解能の統合データ D_I を生成することができる。

50

【 0 0 8 7 】

また、本発明の実施の形態に係る信号処理部 1 0 0 では、窓関数は、形状の設計が同じものを含む。

【 0 0 8 8 】

このような構成により、窓関数の形状の違いに応じた抽出ビート信号の補正処理等を行う必要がなくなり、簡易な構成および処理で統合データ D I を生成することができる。

【 0 0 8 9 】

また、本発明の実施の形態に係るレーダ装置 3 0 0 は、信号処理部 1 0 0 と、送信部 1 2 0 と、受信部 1 5 0 とを備える。送信部 1 2 0 は、送信信号を送信する。受信部 1 5 0 は、送信された送信信号が物標により反射された信号である反射信号を受信する。

10

【 0 0 9 0 】

このような構成により、ビート信号 $S D(n)$ に基づいて物標をより正確に検知するレーダ装置 3 0 0 を実現することができる。

【 0 0 9 1 】

また、本発明の実施の形態に係るレーダ装置 3 0 0 では、送信部 1 2 0 は、回転する送信アンテナ 1 3 0 を介して送信信号を送信する。受信部 1 5 0 は、回転する受信アンテナ 1 4 0 を介して反射信号を受信する。

【 0 0 9 2 】

このような構成により、様々な方向へ送信信号を送信して反射信号を受信することができるので、より広い範囲において物標を検知することができる。

20

【 0 0 9 3 】

また、本発明の実施の形態に係るレーダ信号処理方法は、レーダ装置 3 0 0 に用いられる信号処理部 1 0 0 におけるレーダ信号処理方法である。このレーダ信号処理方法では、まず、信号処理部 1 0 0 が、送信信号と、受信信号とのビート信号に基づいて生成された処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 $E A, E B, E C$ を生成する。次に、信号処理部 1 0 0 が、抽出ビート信号 $E A, E B, E C$ を、距離 d と振幅との関係を示す振幅データに変換する。次に、信号処理部 1 0 0 が、振幅データ $D S A, D S B, D S C$ を統合した統合データ D I を生成する。

【 0 0 9 4 】

このように、ビート信号に基づく処理信号から、異なる複数の時間範囲に基づいて抽出した抽出ビート信号 $E A, E B, E C$ を生成し、抽出ビート信号 $E A, E B, E C$ を振幅データ $D S A, D S B, D S C$ にそれぞれ変換し、複数の振幅データ $D S A, D S B, D S C$ を統合した統合データ D I を生成する方法により、たとえば干渉成分を除去するために振幅がゼロに置換されたビート信号 $S D(n)$ が含まれない抽出ビート信号 $E C$ に基づく振幅データ $D S C$ を用いて統合データ D I を生成することができるので、ビート信号 $S D(n)$ の一部の振幅がゼロに置換されることによる統合データ D I におけるレンジサイドローブの増大を抑制し、レンジサイドローブが小さい統合データ D I に基づいて物標をより正確に検知することができる。したがって、ビート信号 $S D(n)$ に基づいて物標をより正確に検知することができる。

30

40

【 0 0 9 5 】

上記実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記説明ではなく特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 6 】

- 2 0 干渉除去部
- 3 0 窓関数 / F F T 処理部
- 3 1 抽出信号処理部
- 3 1 A , 3 1 B , 3 1 C 窓関数処理部

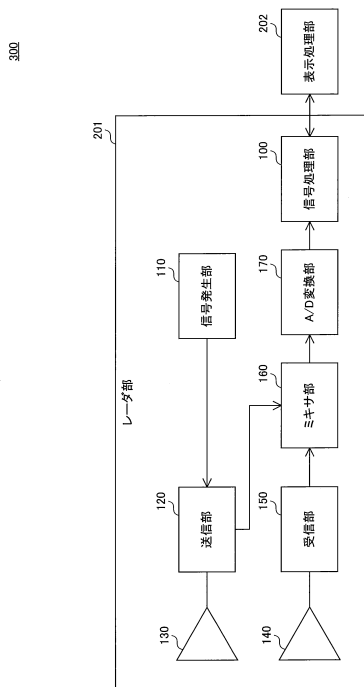
50

- 3 2 変換部
- 3 2 A , 3 2 B , 3 2 C F F T 処理部
- 3 3 統合データ生成部
- 4 0 絶対値 / 対数変換部
- 1 0 0 信号処理部
- 1 1 0 信号発生部
- 1 2 0 送信部
- 1 3 0 送信アンテナ
- 1 4 0 受信アンテナ
- 1 5 0 受信部
- 1 6 0 ミキサ部
- 1 7 0 A / D 変換部
- 2 0 1 レーダ部
- 2 0 2 表示処理部
- 3 0 0 レーダ装置

【図面】

【図 1】

【図 2】



100



10

20

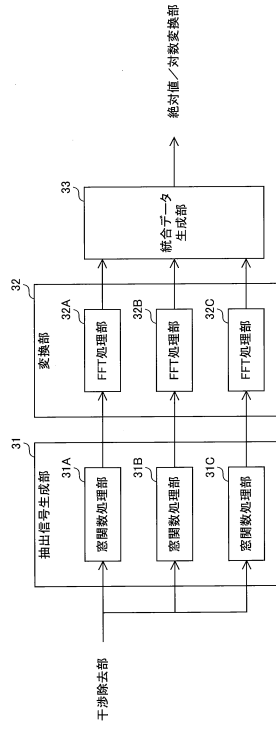
30

40

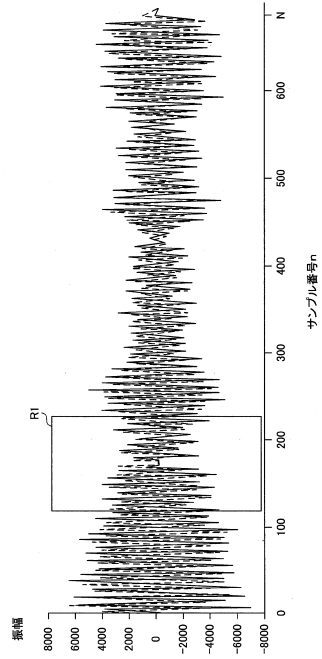
50

【図3】

30



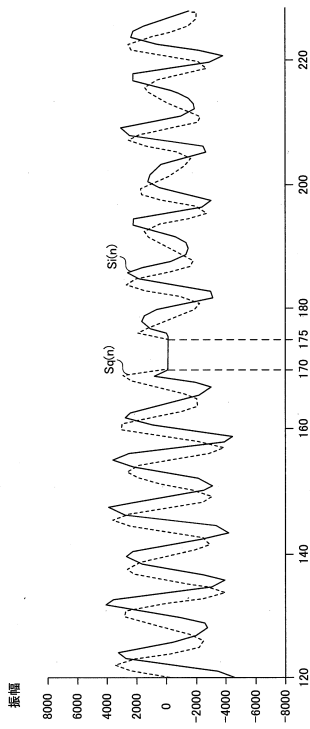
【図4】



10

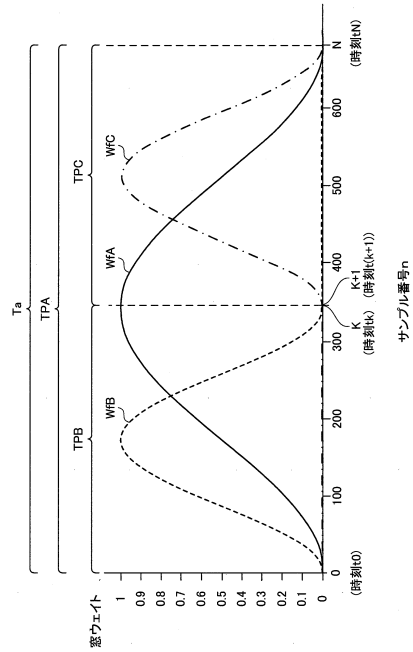
20

【図5】



【図6】

サンプル番号n

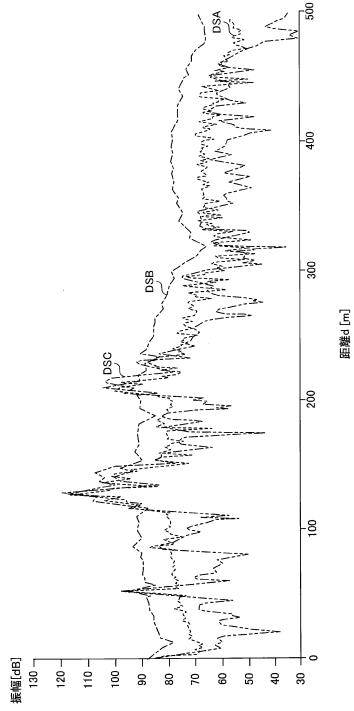


30

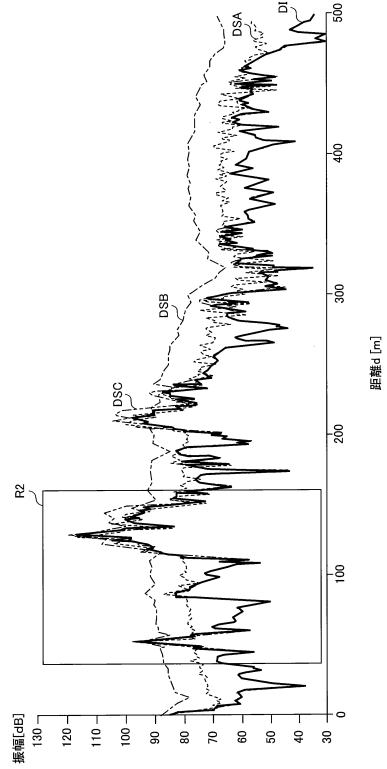
40

50

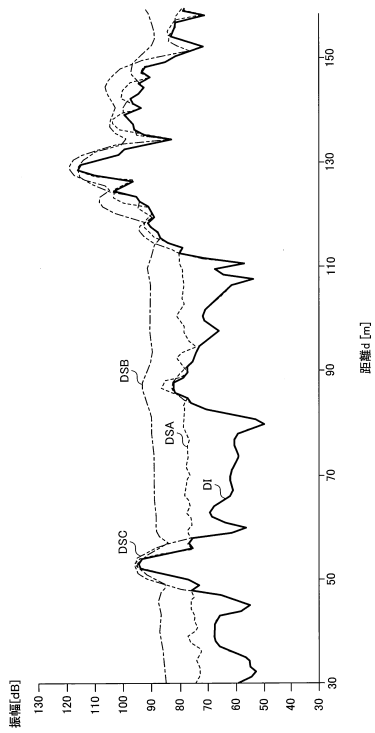
【図 7】



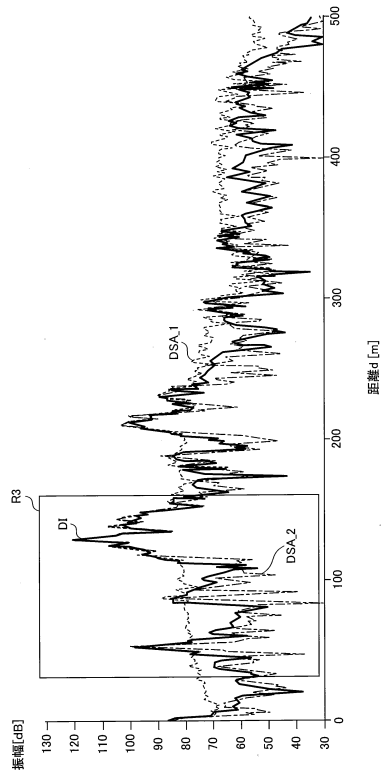
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

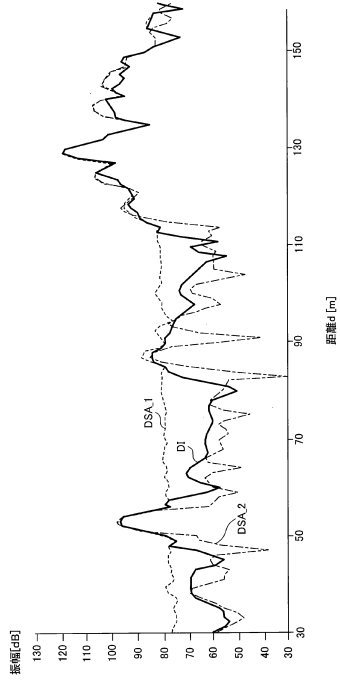
20

30

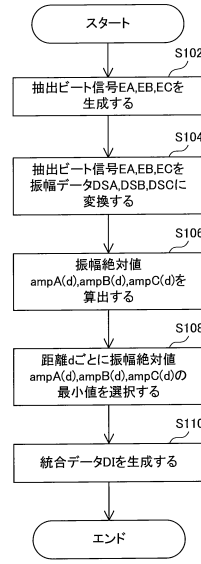
40

50

【図 1 1】



【図 1 2】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2017-106854(JP,A)
特開2010-025901(JP,A)
国際公開第2005/109033(WO,A1)
特開2004-347362(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0280854(US,A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01S 7/00 - 17/95