

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7127998号
(P7127998)

(45)発行日 令和4年8月30日(2022.8.30)

(24)登録日 令和4年8月22日(2022.8.22)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 S 13/34 (2006.01) G 0 1 S 13/34
G 0 1 S 13/931 (2020.01) G 0 1 S 13/931

請求項の数 2 (全15頁)

(21)出願番号	特願2018-49023(P2018-49023)	(73)特許権者	000237592 株式会社デンソーテン
(22)出願日	平成30年3月16日(2018.3.16)		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2019-158797(P2019-158797 A)	(74)代理人	110000578 名古屋国際特許業務法人
(43)公開日	令和1年9月19日(2019.9.19)	(72)発明者	岡本 涉志 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
審査請求日	令和3年3月3日(2021.3.3)	審査官	高 場 正光
前置審査			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーダ装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周波数が連続的に変化する送信波が物標によって反射された反射波を複数の受信アンテナで受信する受信部と、

前記複数の受信アンテナについて、前記複数の受信アンテナで受信した前記反射波に基づくビート信号に対して、2次元FFT処理における1次元目のFFT処理を行う1次元目FFT処理部と、

前記複数の受信アンテナのうち、任意の受信アンテナで受信した前記反射波に基づくビート信号に対して前記2次元FFT処理における2次元目のFFT処理を第1の範囲の周波数で行う任意2次元目FFT処理部と、

前記任意2次元目FFT処理部による処理結果である周波数スペクトルから前記物標に対応するピークを抽出するピーク抽出部と、

前記任意の受信アンテナ以外の他の前記受信アンテナについて、前記ピーク抽出部によって抽出された前記ピークの位置に基づき前記第1の範囲を限定した第2の範囲の周波数で前記2次元目のFFT処理を行う他2次元目FFT処理部と

を備え、

前記2次元FFT処理は、前記物標との距離に対応する距離方向への第1処理と前記物標の相対速度に対応する速度方向への第2処理との処理順が入替可能な処理であって、

前記1次元目FFT処理部および前記他2次元目FFT処理部は、

前記他の受信アンテナについて前記2次元FFT処理を行う場合、前記ピーク抽出部によ

って抽出された前記ピークの数に基づいて前記処理順を決定すること
を特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】

前記他 2 次元目 F F T 処理部は、
前記ピークの位置のみを前記第 2 の範囲として前記 2 次元目の F F T 処理を行うこと
を特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーダ装置およびレーダ装置の制御方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、物標を検出するレーダ装置として、周波数が連続的に変化する送信波を出力して
物標との距離、相対速度および角度を検出する F C M (Fast Chirp Modulation) 方式
のレーダ装置が提案されている。

【0003】

具体的には、レーダ装置は、送信波の物標による反射波を複数の受信アンテナにより受
信して得られたビート信号それぞれに対して 2 次元高速フーリエ変換 (Fast Fourier T
ransform) 処理を行うことで、上記した距離、相対速度および角度を検出する (例えば
、特許文献 1 参照)。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開 2016 - 3873 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の技術では、例えば、受信アンテナが複数であった場合、受信アン
テナ毎に 2 次元 F F T 処理を行うため、処理量が嵩んでしまうおそれがあった。

【0006】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、処理量が嵩むことを防止できるレーダ
装置およびレーダ装置の制御方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明に係るレーダ装置は、受信部と
、F F T 処理部と、ピーク抽出部とを備える。前記受信部は、周波数が連続的に変化する
送信波が物標によって反射された反射波を複数の受信アンテナで受信する。前記 F F T 処
理部は、前記複数の受信アンテナのうち、任意の受信アンテナで受信した前記反射波に基
づくビート信号に対して 2 次元 F F T 処理を行う場合に、2 次元目の F F T 処理を第 1 の
範囲で行う。前記ピーク抽出部は、前記 F F T 処理部による処理結果である周波数スペク
トルから前記物標に対応するピークを抽出する。また、前記 F F T 処理部は、前記任意の
受信アンテナ以外の他の前記受信アンテナについて前記 2 次元 F F T 処理を行う場合、前
記ピーク抽出部によって抽出された前記ピークの位置に基づき前記第 1 の範囲を限定した
第 2 の範囲で前記 2 次元目の F F T 処理を行う。

40

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、処理量が嵩むことを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図 1 A】図 1 A は、車両に搭載されたレーダ装置と物標との位置関係の一例を示す図で

50

ある。

【図 1 B】図 1 B は、実施形態に係るレーダ装置の制御方法の概要を示す図である。

【図 2】図 2 は、レーダ装置のブロック図である。

【図 3】図 3 は、送信周波数と、受信周波数と、ビート周波数との関係の一例を示す図である。

【図 4】図 4 は、ビート信号に対して距離 F F T 処理を行った結果を示す図である。

【図 5】図 5 は、第 2 処理部の処理内容を示す図である。

【図 6】図 6 は、2 次元 F F T 処理における処理量を示す図である。

【図 7】図 7 は、レーダ装置が実行する物標検出の処理手順を示すフローチャートである。

【図 8】図 8 は、変形例に係るレーダ装置の制御方法を示す図である。

【図 9】図 9 は、変形例に係る 2 次元 F F T 処理における処理量を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、添付図面を参照して、本願の開示するレーダ装置およびレーダ装置の制御方法の実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本発明が限定されるものではない。

【0011】

まず、図 1 A および図 1 B を用いて、実施形態に係るレーダ装置の制御方法の概要について説明する。図 1 A は、車両に搭載されたレーダ装置と物標との位置関係の一例を示す図である。図 1 B は、実施形態に係るレーダ装置の制御方法の概要を示す図である。

【0012】

図 1 A に示すように、実施形態に係るレーダ装置 1 は、車両 M C の前端部に設けられるとともに、4 つの受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d (以下、受信アンテナ 2 1 と記載する場合がある) を備えていることとする。なお、受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d の数は、複数であれば、3 つ以下でも、5 つ以上でもよい。また、レーダ装置 1 の搭載位置は、車両 M C の前端部に限定されるものではなく、車両 M C の側面や、後端部であってもよい。

【0013】

図 1 A に示すレーダ装置 1 は、例えば、F C M (Fast Chirp Modulation) 方式のレーダ装置である。F C M 方式とは、周波数が連続的に変化する複数のチャープ波が繰り返される送信波を出力して検出範囲内に存在する各物標 P との距離および相対速度を検出する方式である。

【0014】

具体的には、F C M 方式は、送信波が物標 P によって反射された反射波を複数の受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d によって受信し、受信した反射波と送信波とから生成されるビート信号に対して 2 次元高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform) 処理 (以下、2 次元 F F T 処理と記載する場合がある) を行って物標 P との距離および相対速度を検出する。

【0015】

なお、2 次元 F F T 処理は、物標 P との距離に対応する距離方向への距離 F F T 処理および物標 P の速度に対応する速度方向への速度 F F T 処理の 2 回の F F T 処理を行うことである。

【0016】

ここで、従来のレーダ装置は、予め定められた範囲内すべてにおいて距離 F F T 処理および速度 F F T 処理を行うため、物標情報 (距離や相対速度) の算出に多くの計算が必要とする。また、複数の受信アンテナ毎に 2 次元 F F T 処理を行うとなると、その計算量はさらに膨大になるため、処理量が嵩むこととなる。このため、例えば、2 次元 F F T 処理の処理時間が長くなると、物標情報の更新周期の短くするという要求を満たせなくなるおそれもある。

【0017】

そこで、実施形態に係るレーダ装置 1 の制御方法では、複数の受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d のうち、まず、任意の受信アンテナ 2 1 について 2 次元 F F T 処理を行い、その処理結果により他の受信アンテナ 2 1 における 2 次元 F F T 処理の範囲を限定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

図 1 B では、2 次元に配置された複数のマスを示しており、かかるマス毎に 2 次元 F F T 処理が行われる。具体的には、かかるマスは、送信波におけるチャープ波（あるいはビート信号）の数分だけ横方向に並べられ、物標 P との距離に対応する距離ビン（周波数）の数分だけ縦方向に並べられている。

【 0 0 1 9 】

実施形態に係るレーダ装置 1 は、まず、受信アンテナ 2 1 a について、チャープ波毎に生成されるビート信号 B 1 ~ B n に対して通常通りの 2 次元 F F T 処理を行う。図 1 B に示す例では、まず、レーダ装置 1 は、1 次元目として、ビート信号 B 1 ~ B n 毎に距離 F F T 処理（図 1 B に示す縦方向）を行う。具体的には、レーダ装置 1 は、すべてのビート信号 B 1 ~ B n に対して距離 F F T 処理を行う。図 1 B の中段図（左図）では、距離 F F T 処理の結果、各ビート信号 B 1 ~ B n において、距離ビン $f r 1 0$ にパワー値が所定値以上のピークが出現していることとする。

10

【 0 0 2 0 】

つづいて、実施形態に係るレーダ装置 1 は、2 次元目の F F T 処理として、距離ビン $f r$ 毎に速度 F F T 処理を行う。具体的には、レーダ装置 1 は、すべての距離ビン $f r$ に対して速度 F F T 処理（図 1 B に示す横方向）を行う。つまり、2 次元目の F F T 処理における範囲（第 1 の範囲）は、距離ビン $f r 1$ から距離ビン $f r m$ となる。なお、第 1 の範囲は、すべての距離ビン $f r 1 ~ f r m$ に限定されるものではなく、例えば、距離ビン $f r 1 ~ f r m$ のうち、前回の時間における物標 P のピーク位置の距離ビン $f r$ のみを第 1 の範囲としてもよい。図 1 B の下段図（左図）では、速度 F F T 処理の結果、速度ビン $f v 5$ にピークが出現していることとする。

20

【 0 0 2 1 】

そして、実施形態に係るレーダ装置 1 は、受信アンテナ 2 1 a 以外の他の受信アンテナ 2 1 b ~ 2 1 d について 2 次元 F F T 処理を行う場合、上記した第 1 の範囲を限定した第 2 の範囲で、2 次元目の F F T 処理を行う。具体的には、図 1 B の中段図（右図）に示すように、レーダ装置 1 は、まず、ビート信号 B 1 ~ B n までのすべての範囲（横方向）で、1 次元目の F F T 処理を行う。つまり、1 次元目の F F T 処理の範囲は、上記した受信アンテナ 2 1 a と同様の範囲とする。

【 0 0 2 2 】

そして、実施形態に係るレーダ装置 1 は、2 次元目の F F T 処理を行う際、受信アンテナ 2 1 a の 2 次元 F F T 処理の結果で抽出されたピークの位置に基づき範囲を限定する。

30

【 0 0 2 3 】

例えば、図 1 B の下段図（右図）に示すように、実施形態に係るレーダ装置 1 は、距離ビン $f r 1$ から距離ビン $f r m$ の範囲のうち、ピークの位置に対応する距離ビン $f r 1 0$ のみを第 2 の範囲として 2 次元目の F F T 処理を行う。つまり、他の受信アンテナ 2 1 b ~ 2 1 d では、第 1 の範囲よりも狭い第 2 の範囲で 2 次元目の F F T 処理を行う。

【 0 0 2 4 】

なお、図 1 B に示す例では、2 次元目の F F T 処理における第 2 の範囲を、ピークの位置である距離ビン $f r 1 0$ のみに限定して行う場合を示したが、例えば、距離ビン $f r 1 0$ を含む距離ビン $f r 9$ から距離ビン $f r 1 1$ までの範囲を第 2 の範囲としてもよい。つまり、距離ビン $f r 1 0$ を含んだ範囲で、かつ、距離ビン $f r 1$ から距離ビン $f r m$ までの第 1 の範囲を限定した範囲であればよい。

40

【 0 0 2 5 】

このように、受信アンテナ 2 1 a の 2 次元 F F T の処理結果を用いて、他の受信アンテナ 2 1 b ~ 2 1 d については、2 次元目の F F T 処理の範囲を限定することで、不要な F F T 処理の計算を省くことができる。従って、実施形態に係るレーダ装置 1 によれば、2 次元 F F T 処理における計算量を減らすことができるため、処理量が高むことを防止できる。なお、2 次元 F F T 処理の計算低減量については、図 6 で詳細に後述する。

【 0 0 2 6 】

50

また、図 1 B に示す例では、2次元 F F T 処理について、距離 F F T 処理を行った後、速度 F F T 処理を行ったが、処理順を入れ替えてもよい。つまり、速度 F F T 処理を行った後、距離 F F T 処理を行ってもよいが、かかる点については、図 8 および図 9 で後述する。

【 0 0 2 7 】

次に、図 2 を用いて実施形態に係るレーダ装置 1 の構成について説明する。図 2 は、レーダ装置 1 のブロック図である。図 2 に示すように、レーダ装置 1 は、車両制御装置 2 に接続される。

【 0 0 2 8 】

車両制御装置 2 は、レーダ装置 1 による物標 P の検出結果に基づいて P C S (Pre-crash Safety System) や A E B (Advanced Emergency Braking System) などの車両制御を行う。なお、レーダ装置 1 は、車載レーダ装置以外の各種用途 (例えば、飛行機や船舶の監視等) に用いられてもよい。

10

【 0 0 2 9 】

レーダ装置 1 は、送信部 1 0 と、受信部 2 0 と、処理部 3 0 とを備える。送信部 1 0 は、信号生成部 1 1 と、発振器 1 2 と、送信アンテナ 1 3 とを備える。信号生成部 1 1 はノコギリ波状に電圧が変化する変調信号を生成し、発振器 1 2 へ供給する。発振器 1 2 は、信号生成部 1 1 で生成された変調信号に基づいてチャープ信号 S T を生成して、送信アンテナ 1 3 へ出力する。

【 0 0 3 0 】

送信アンテナ 1 3 は、発振器 1 2 から入力されるチャープ信号 S T を送信波 S W へ変換し、かかる送信波 S W を車両 M C の外部へ出力する。送信アンテナ 1 3 が出力する送信波 S W は、複数のチャープ波が繰り返される波形である。送信アンテナ 1 3 から車両 M C の前方に送信された送信波 S W は、物標 P で反射されて反射波となる。

20

【 0 0 3 1 】

受信部 2 0 は、アレーアンテナを形成する複数の受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d、ミキサ 2 2 a ~ 2 2 d および A / D 変換器 2 3 a ~ 2 3 d を備える。各受信アンテナ 2 1 は物標 P からの反射波を受信波 R W として受信し、かかる受信波 R W を受信信号 S R へ変換して受信アンテナ 2 1 毎に設けられたミキサ 2 2 へそれぞれ出力する。なお、図 2 に示す受信アンテナ 2 1 の数は、4 つであるが 3 つ以下または 5 つ以上であってもよい。

30

【 0 0 3 2 】

各受信アンテナ 2 1 から出力された受信信号 S R は、不図示の増幅器 (例えば、ローノイズアンプ) で増幅された後にミキサ 2 2 へ入力される。ミキサ 2 2 は、チャープ信号 S T と受信信号 S R との一部をミキシングし不要な信号成分を除去してビート信号 S B を生成し、A / D 変換器 2 3 へ出力する。

【 0 0 3 3 】

これにより、チャープ信号 S T の周波数 f_{ST} (以下、送信周波数 f_{ST} と記載する) と受信信号 S R の周波数 f_{SR} (以下、受信周波数 f_{SR} と記載する) との差となるビート周波数 $f_{SB} (= f_{ST} - f_{SR})$ を有するビート信号 S B が生成される。ミキサ 2 2 で生成されたビート信号 S B は、A / D 変換器 2 3 でデジタルの信号へ変換された後に処理部 3 0 へ出力される。

40

【 0 0 3 4 】

図 3 は、送信周波数 f_{ST} と、受信周波数 f_{SR} と、ビート周波数 f_{SB} との関係の一例を示す図である。図 3 に示すように、ビート信号 S B は、チャープ波毎に生成される。なお、ここでは、1 回目のチャープ波によって得られるビート信号 S B を「B 1」とし、2 回目のチャープ波によって得られるビート信号 S B を「B 2」とし、n 回目のチャープ波によって得られるビート信号 S B を「B n」としている。

【 0 0 3 5 】

また、図 3 に示す例では、送信周波数 f_{ST} は、チャープ波毎に、基準周波数 f_0 から時間に伴って傾き $(= (f_1 - f_0) / T_m)$ で増加し、最大周波数 f_1 に達すると基

50

準周波数 f_0 に短時間で戻るノコギリ波状（いわゆるアップチャープ）である。なお、送信周波数 f_{ST} は、チャープ波毎に基準周波数 f_0 から最大周波数 f_1 へ短時間で到達し、かかる最大周波数 f_1 から時間に伴って傾き $(= (f_0 - f_1) / T_m)$ で減少するノコギリ波状（いわゆるダウンチャープ）であってもよい。

【0036】

図2の説明に戻り、処理部30について説明する。処理部30は、送信制御部31および信号処理部32を備える。信号処理部32は、第1処理部33、第2処理部34、ピーク抽出部35、演算部36および出力部37を備える。

【0037】

かかる処理部30は、例えば、CPU (Central Processing Unit)、ROM (Read Only Memory)、RAM (Random Access Memory)、入出力ポート等を含むマイクロコンピュータであり、レーダ装置1全体を制御する。

10

【0038】

かかるマイクロコンピュータのCPUがROMに記憶されたプログラムを読み出して実行することによって、送信制御部31および信号処理部32として機能する。なお、送信制御部31および信号処理部32のうち少なくとも一部または全部をASIC (Application Specific Integrated Circuit) やFPGA (Field Programmable Gate Array) 等のハードウェアで構成することもできる。

【0039】

送信制御部31は、送信部10の信号生成部11を制御し、信号生成部11からノコギリ状に電圧が変化する変調信号を発振器12へ出力させる。これにより、時間の経過に従って周波数が変化するチャープ信号STが発振器12から送信アンテナ13へ出力される。

20

【0040】

信号処理部32は、各A/D変換器23から出力されるビート信号SBに対してそれぞれ2次元FFT処理（距離FFT処理および速度FFT処理）を行い、かかる2次元FFT処理の結果に基づいて物標Pの距離、相対速度（縦方向への相対速度および横方向への相対速度）および方位を演算する。以下、信号処理部32の各部の処理について説明する。

【0041】

信号処理部32の第1処理部33（FFT処理部の一例）は、各A/D変換器23から出力されるビート信号SBそれぞれに対して距離FFT処理を行うことで受信アンテナ21毎に周波数スペクトルを生成する。具体的には、第1処理部33は、ビート信号SB毎に各距離ビン f_r ($f_{r1} \sim f_{rm}$) について距離FFT処理を行う。ここで、図4を用いて、距離FFT処理の結果について具体的に説明する。

30

【0042】

図4は、ビート信号SBに対して距離FFT処理を行った結果を示す図である。図4では、ビート信号B5に対する距離FFT処理の結果である周波数スペクトルを示す。図4に示す周波数スペクトルでは、横軸を周波数（すなわち、距離ビン）とし、縦軸をパワーの大きさ（ピークの大きさ）としている。図4に示す例では、距離ビン f_{r10} のみにピークが出現していることとする。

【0043】

ここで、ビート信号SBの周波数は、物標Pとレーダ装置1との間の距離に比例して増減する。このため、第1処理部33は、ビート信号SBに対して距離FFT処理を行うことで、物標Pとの距離に対応する距離ビン f_r に出現するピーク（パワーが所定値以上）を距離FFT処理の結果として取得する。

40

【0044】

つまり、図4に示す例では、第1処理部33は、一つのビート信号B5において、距離ビン f_{r10} にピークが出現していることを示す情報を距離FFT処理の結果として取得する。

【0045】

なお、第1処理部33は、4つの受信アンテナ21a ~ 21dからビート信号SBを受

50

け取った場合、4つの受信アンテナ21a~21dのビート信号SBに対して距離FFT処理を行ってもよく、あるいは、受信アンテナ21aのビート信号SBに対してのみ距離FFT処理を行ってもよい。受信アンテナ21aのビート信号SBに対してのみ距離FFT処理を行う場合、他の3つの受信アンテナ21b~21dについては、後述のピーク抽出部35の抽出結果を受けてから距離FFT処理を行う。

【0046】

第1処理部33は、距離FFT処理の結果である周波数スペクトルを第2処理部34へ出力する。

【0047】

第2処理部34は、第1処理部33における距離FFT処理の結果に対して速度FFT処理を行う。速度FFT処理とは、距離FFT処理の結果である周波数スペクトルの距離ビン f_r 毎に各速度ビン f_v について2回目のFFT処理を行うことである。これにより、速度FFT処理の結果として、物標Pの相対速度に対応する速度ビン f_v にピークが出現することとなる。

10

【0048】

具体的には、第2処理部34は、物標Pの相対速度がゼロでない場合に生じる受信信号SRのドップラ成分を利用する。より具体的には、第2処理部34は、ビート信号SBの周波数スペクトルにおけるピークの位相の変化を検出する。ここで、図5を用いて、第2処理部34の処理内容について具体的に説明する。

【0049】

図5は、第2処理部34の処理内容を示す図である。図5では、複数の受信アンテナ21のうち、任意の1つの受信アンテナ21の周波数スペクトルを時系列に並べて示している。また、図5では、時間的に連続するビート信号B1~B8の距離FFT処理の結果とビート信号B1~B8間のピークの位相変化の一例を示す。図5に示す例では、各ビート信号B1~B8の距離ビン f_r10 にピークがあり、かかるピークの位相が変化している。

20

【0050】

ここで、物標Pとレーダ装置1との間の相対速度がゼロでない場合、ビート信号B1~B8間において同一物標Pに相当する距離ビン f_r10 のピークにドップラ周波数に応じた位相の変化が現われる。

【0051】

第2処理部34は、距離FFT処理を行って得られる周波数スペクトルを時系列に並べて速度FFT処理を行うことで、ドップラ周波数に対する周波数ビン(速度ビン)にピークが出現する周波数スペクトルを得る。

30

【0052】

また、図5に示すように、第2処理部34は、受信アンテナ21aについては、距離ビン f_r1 から距離ビン f_rm までの全範囲において、距離ビン f_r 毎に速度FFT処理を行う。そして、第2処理部34は、他の3つの受信アンテナ21b~21dについては、後述のピーク抽出部35によって抽出されたピークに基づいて速度FFT処理を行う範囲を限定する。

【0053】

例えば、図5に示すように、第2処理部34は、ピーク抽出部35によって距離ビン f_r10 にピークが抽出された場合、距離ビン f_r10 に限定して速度FFT処理を行う。つまり、第2処理部34は、ピーク抽出部35によって抽出されたピークの距離ビン f_r10 以外の距離ビン f_r については速度FFT処理を行わない。これにより、2次元FFT処理における処理量を最小限にすることができる。

40

【0054】

図2に戻ってピーク抽出部35について説明する。ピーク抽出部35は、第2処理部34における速度FFT処理の結果である周波数スペクトルからパワーが所定の閾値以上のピークを抽出する。かかる閾値は、予め定められた固定値であってもよく、動的に変化させてもよい。

50

【 0 0 5 5 】

ピーク抽出部 3 5 は、抽出したピークが受信アンテナ 2 1 a に対応する周波数スペクトルのピークであった場合、かかるピークに関する情報を第 2 処理部 3 4 へ出力する。また、ピーク抽出部 3 5 は、複数の受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d すべてのピーク抽出結果において、同じ位置にピークが出現していることが確認できた場合に、かかるピークに関する情報を演算部 3 6 へ出力する。

【 0 0 5 6 】

なお、ピーク抽出部 3 5 は、例えば、すべてのピーク抽出結果のうち少なくとも 1 つにおいて、同じ位置にピークが出現していない場合、演算部 3 6 への出力を禁止してもよい。これにより、信頼性の低いピークを除くことができるため、物標 P の誤検出を防止することができる。

10

【 0 0 5 7 】

演算部 3 6 は、ピーク抽出部 3 5 によって抽出されたピークに基づいて物標 P との距離、相対速度および角度（方位）を演算する。

【 0 0 5 8 】

具体的には、演算部 3 6 は、ピーク抽出部 3 5 によって抽出されたピークの距離ピン f_r および速度ピン f_v の組み合わせに基づいて物標 P との距離および相対速度を導出する。

【 0 0 5 9 】

また、演算部 3 6 は、所定の角度演算処理により物標 P が存在する角度を推定する。具体的には、演算部 3 6 は、4 つの受信アンテナ 2 1 a ~ 2 1 d の受信信号 S R に基づく 4 つのビート信号 S B の周波数スペクトルそれぞれの同一距離ピン f_r のピークの位相の違いにより物標 P の角度を推定する。なお、同一距離ピン f_r のピークの位相の違いにより、同一距離ピンに複数の物標 P が存在することが検出された場合、それら複数の物標 P それぞれについて角度推定を行う。

20

【 0 0 6 0 】

なお、演算部 3 6 における角度の推定は、例えば、E S P R I T (Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniques)、D B F (Digital Beam Forming)、または、M U S I C (Multiple Signal Classification) などの所定の推定方式を用いて行われる。

【 0 0 6 1 】

出力部 3 7 は、車両制御装置 2 に対して各種情報を出力する。例えば、出力部 3 7 は、検出した物標 P に関する物標情報を車両制御装置 2 へ出力する。物標情報には、物標 P の距離、相対速度および角度が含まれる。

30

【 0 0 6 2 】

ここで、図 6 を用いて、2 次元 F F T 処理における処理量について説明する。図 6 は、2 次元 F F T 処理における処理量を示す図である。図 6 に示す「1 通常 F C M」とは、距離 F F T 処理および速度 F F T 処理をすべての範囲で行った場合の処理量を示し、「2 改良 F C M」は、2 次元目である速度 F F T 処理について、限定した範囲（第 2 の範囲）で行った場合の処理量を示す。

【 0 0 6 3 】

図 6 では、距離 F F T ピン数（距離ピン $f_{r1} \sim f_{rm}$ ）は、1 0 2 4 個、チャープ数（ビート信号 S B の数）は、6 4 個であり、ピーク抽出部 3 5 によって抽出されたピークの数、1 0 個であり、受信アンテナ 2 1 の数は、4 つであるとする。また、図 6 に示す「複素数乗算回数」および「複素数加減算回数」は、各 F F T 処理におけるパタフライ演算の際の複素数の乗算回数および加減算回数を示す。具体的には、距離 F F T については、複素数乗算回数を、距離 F F T ピン数を P、チャープ数を N とした場合、 $= P / 2 \times \text{LOG} (P, 2) \times N$ で表され、複素数加減算回数を とした場合、 $= P \times \text{LOG} (P, 2) \times N$ で表される。また、速度 F F T 処理については、複素数乗算回数を、チャープ数を P、距離 F F T ピン数を N とした場合、 $= P / 2 \times \text{LOG} (P, 2) \times N$ で表され、複素数加減算回数を とした場合、 $= P \times \text{LOG} (P, 2) \times N$ で表される。

40

50

【 0 0 6 4 】

図 6 に示すように、「 1 通常 F C M 」および「 2 改良 F C M 」を比べると、第 1 処理部 3 3 で行われる距離 F F T 処理の処理量（図中の C、D）は、同じである。また、第 2 処理部 3 4 で行われる速度 F F T 処理における受信アンテナ 2 1 の 1 c h 分の処理量（図中の E、F）も同じである。

【 0 0 6 5 】

一方で、第 2 処理部 3 4 で行われる速度 F F T 処理における他の受信アンテナ 2 1 の 3 c h 分については、「 2 改良 F C M 」 ($G / 100 \times 3 \text{ c h}$) が「 1 通常 F C M 」 ($G \times 3 \text{ c h}$) よりも処理量が少ない。これは、3 c h の受信アンテナ 2 1 については、ピークに対応する距離ピン f r のみ速度 F F T 処理を行うためである。

10

【 0 0 6 6 】

これにより、図 6 に示すように、「 2 改良 F C M 」は、「 1 通常 F C M 」の処理量の略 7 割（72%）程度に抑えることができる。なお、図 6 に示す、「距離 F F T ピン数」、「チャープ数」、「ピーク数」および「受信アンテナ数」は、一例であって、任意の値が設定されてよい。

【 0 0 6 7 】

次に、図 7 を用いて実施形態に係るレーダ装置 1 が実行する処理手順について説明する。図 7 は、レーダ装置 1 が実行する物標検出の処理手順を示すフローチャートである。なお、図 7 に示す処理手順は、レーダ装置 1 によって繰り返し実行される。

【 0 0 6 8 】

図 7 に示すように、まず、送信部 1 0 は、 n 個のチャープ波を含む送信波 S W を出力する（ステップ S 1 0 1）。つづいて、受信部 2 0 は、物標 P による送信波 S W の反射波に応じた受信信号 S R とチャープ信号 S T とから n 個のビート信号 S B を生成する（ステップ S 1 0 2）。

20

【 0 0 6 9 】

つづいて、第 1 処理部 3 3 は、 n 個の各ビート信号 S B に対して距離 F F T 処理を行う（ステップ S 1 0 3）。つづいて、第 2 処理部 3 4 は、複数の受信アンテナ 2 1 のうち、任意の 1 の受信アンテナ 2 1 の距離 F F T 処理の結果に対して速度 F F T 処理を行う（ステップ S 1 0 4）。

【 0 0 7 0 】

つづいて、ピーク抽出部 3 5 は、速度 F F T 処理の結果である周波数スペクトルからパワーが所定の閾値以上のピークを抽出する（ステップ 1 0 5）。つづいて、第 2 処理部 3 4 は、他の受信アンテナ 2 1 について、ピーク抽出部 3 5 で抽出されたピークの位置のみで速度 F F T 処理を行う（ステップ S 1 0 6）。

30

【 0 0 7 1 】

つづいて、演算部 3 6 は、ピーク抽出部 3 5 によって抽出されたピークに基づいて物標 P との距離、相対速度および角度を演算する演算処理を行う（ステップ S 1 0 7）。つづいて、出力部 3 7 は、演算部 3 6 によって演算された距離、相対速度および角度を含む物標情報を車両制御装置 2 へ出力し（ステップ S 1 0 8）、処理を終了する。

【 0 0 7 2 】

上述してきたように、実施形態に係るレーダ装置 1 は、受信部 2 0 と、F F T 処理部（例えば、第 1 処理部 3 3 および第 2 処理部 3 4）と、ピーク抽出部 3 5 とを備える。受信部 2 0 は、周波数が連続的に変化する送信波が物標 P によって反射された反射波を複数の受信アンテナ 2 1 で受信する。F F T 処理部は、複数の受信アンテナ 2 1 のうち、任意の受信アンテナ 2 1 で受信した反射波に基づくビート信号 S B に対して 2 次元 F F T 処理を行う場合に、2 次元目の F F T 処理を第 1 の範囲で行う。ピーク抽出部 3 5 は、F F T 処理部による処理結果である周波数スペクトルから物標 P に対応するピークを抽出する。また、F F T 処理部は、任意の受信アンテナ 2 1 以外の他の受信アンテナ 2 1 について 2 次元 F F T 処理を行う場合、ピーク抽出部 3 5 によって抽出されたピークの位置に基づき第 1 の範囲を限定した第 2 の範囲で 2 次元目の F F T 処理を行う。これにより、処理量が高

40

50

むことを防止できる。

【 0 0 7 3 】

なお、上述した実施形態では、ビート信号 $S B$ に対して距離 $F F T$ 処理を行った後、速度 $F F T$ 処理を行ったが、2次元 $F F T$ 処理の処理順が逆であってもよい。つまり、レーダ装置 1 は、ビート信号 $S B$ に対して速度 $F F T$ 処理を行った後、距離 $F F T$ 処理を行ってもよい。なお、処理順が入れ替わっても2次元 $F F T$ 処理後に得られるピークの数や、ピークの位置は変わらない。ここで、図 8 を用いて、2次元 $F F T$ 処理の処理順を入れ替えた場合について説明する。

【 0 0 7 4 】

図 8 は、変形例に係るレーダ装置 1 の制御方法を示す図である。図 8 に示すように、レーダ装置 1 は、すべての受信アンテナ $2 1 a \sim 2 1 d$ について2次元 $F F T$ 処理の処理順を入れ替えてよい。具体的には、まず、第 2 処理部 3 4 は、受信アンテナ $2 1 a$ におけるビート信号 $S B$ に対してすべて距離ビン $f r 1 \sim f r m$ の範囲で、距離ビン $f r$ 毎に速度 $F F T$ 処理を行う。この段階では、 $F F T$ 処理の結果として得られる周波数スペクトルには、速度ビン $f v$ を特定するピークは得られない。

10

【 0 0 7 5 】

つづいて、第 1 処理部 3 3 は、第 2 処理部 3 4 によって生成された周波数スペクトルに対してすべてのビート信号 $B 1 \sim B n$ の範囲で、ビート信号 $S B$ 毎に距離 $F F T$ 処理を行う。この結果、特定の距離ビン $f r 1 0$ および速度ビン $f v 5$ において、物標 P に対応するピークが得られる。つまり、上記した実施形態では、2次元目の $F F T$ 処理が速度 $F F T$ 処理であったのに対し、変形例では、2次元目の $F F T$ 処理が距離 $F F T$ 処理となる。すなわち、変形例では、距離 $F F T$ 処理の範囲であるすべてのビート信号 $B 1 \sim B n$ の範囲が第 1 の範囲となる。

20

【 0 0 7 6 】

つづいて、第 2 処理部 3 4 は、他の受信アンテナ $2 1 b \sim 2 1 d$ におけるビート信号 $S B$ に対してすべて距離ビン $f r 1 \sim f r m$ の範囲で、距離ビン $f r$ 毎に速度 $F F T$ 処理を行う。

【 0 0 7 7 】

つづいて、第 1 処理部 3 3 は、第 2 処理部 3 4 によって生成された周波数スペクトルに対して第 1 の範囲を限定した第 2 の範囲で距離 $F F T$ 処理を行う。図 8 に示す例では、第 1 処理部 3 3 は、抽出されたピークの速度ビン $f v 5$ のみを第 2 の範囲として距離 $F F T$ 処理を行う。これにより、2次元 $F F T$ 処理の処理順を入れ替えた場合であっても処理量が嵩むことを防止することができる。

30

【 0 0 7 8 】

なお、他の受信アンテナ $2 1 b \sim 2 1 d$ における2次元 $F F T$ 処理の処理順については、受信アンテナ $2 1 a$ で抽出されたピークの数に基づいていずれの処理順を採用するかを決定してもよい。かかる点について、図 9 を用いて説明する。

【 0 0 7 9 】

図 9 は、変形例に係る2次元 $F F T$ 処理における処理量を示す図である。図 9 に示す「1 通常 $F C M$ 」および「2 改良 $F C M$ 」は、距離 $F F T$ 処理後、速度 $F F T$ 処理を行う処理順である。「3 改良 $F C M$ 」は、速度 $F F T$ 処理後、距離 $F F T$ 処理を行う処理順である。また、図 9 では、ピーク抽出部 3 5 によって抽出されたピークの数 $1 0$ の場合と、 $6 0$ の場合とを示している。

40

【 0 0 8 0 】

図 9 に示すように、ピーク数が $1 0$ の場合では、「3 改良 $F C M$ 」が最も処理量が少ない。一方で、ピーク数が $6 0$ の場合では、「2 改良 $F C M$ 」が最も処理量が少ない。これは、「2 回目 $F F T$ 処理 (他 $3 c h$ 分)」の処理量に起因している。

【 0 0 8 1 】

具体的には、ピーク数の増加に対する処理量の増加が「2 改良 $F C M$ 」よりも「3 改良 $F C M$ 」のほうが多いためである。

50

【 0 0 8 2 】

つまり、ピーク数が所定数未満であれば、「3改良FCM」が「2改良FCM」よりも処理量が少ないが、ピーク数がかかる所定数に近づくとつれて「2改良FCM」および「3改良FCM」の処理量の差が小さくなる。

【 0 0 8 3 】

そして、ピーク数が所定数以上の場合、「3改良FCM」が「2改良FCM」よりも処理量が多くなる。つまり、処理量が逆転する。

【 0 0 8 4 】

換言すれば、第1処理部33および第2処理部34は、ピーク抽出部35によって抽出されたピーク数が所定数未満である場合、「3改良FCM」の処理順で2次元FFT処理を行う。

10

【 0 0 8 5 】

一方、第1処理部33および第2処理部34は、ピーク抽出部35によって抽出されたピーク数が所定数以上である場合、「2改良FCM」の処理順で2次元FFT処理を行う。

【 0 0 8 6 】

このように、第1処理部33および第2処理部34は、ピークの数か所定数以上か否かにより2次元FFT処理の処理順を決定することで、常に最小限の処理量に抑えることができる。

【 0 0 8 7 】

なお、上記した所定数は、例えば、図9に示す「距離FFTピン数」、「チャープ数」および「受信アンテナ数」に基づいて決定される。

20

【 0 0 8 8 】

また、図9では、「距離FFTピン数」が1024個、「チャープ数」が64個の場合の2次元FFT処理の処理量を示したが、例えば、「距離FFTピン数」が64個、「チャープ数」が1024個の場合、図9に示す処理量が逆となる。

【 0 0 8 9 】

すなわち、「距離FFTピン数」が64個、「チャープ数」が1024個の場合、ピーク数が10個の場合においては、「2改良FCM」が最も処理量が少なくなり、一方、ピーク数が60個の場合においては、「3改良FCM」が最も処理量が少なくなる。

【 0 0 9 0 】

さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の特許請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

30

【符号の説明】

【 0 0 9 1 】

- 1 レーダ装置
- 2 車両制御装置
- 10 送信部
- 11 信号生成部
- 12 発振器
- 13 送信アンテナ
- 20 受信部
- 21, 21a ~ 21d 受信アンテナ
- 22, 22a ~ 22d ミキサ
- 23, 23a ~ 23d A/D変換器
- 30 処理部
- 31 送信制御部
- 32 信号処理部

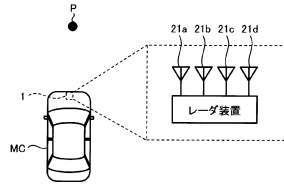
40

50

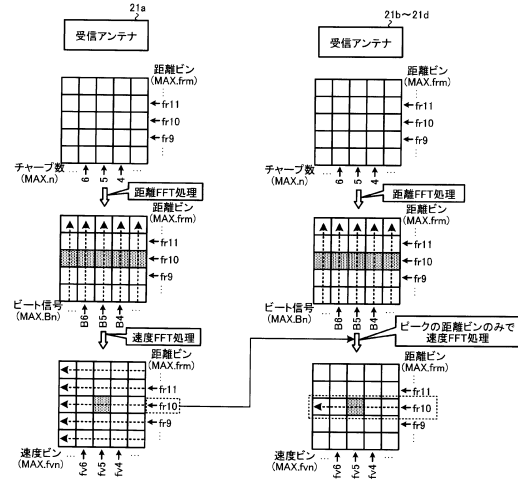
- 3 3 第 1 処理部
- 3 4 第 2 処理部
- 3 5 ピーク抽出部
- 3 6 演算部
- 3 7 出力部
- 1 0 0 レーダ装置
- M C 車両
- P 物標

【図面】

【図 1 A】



【図 1 B】



10

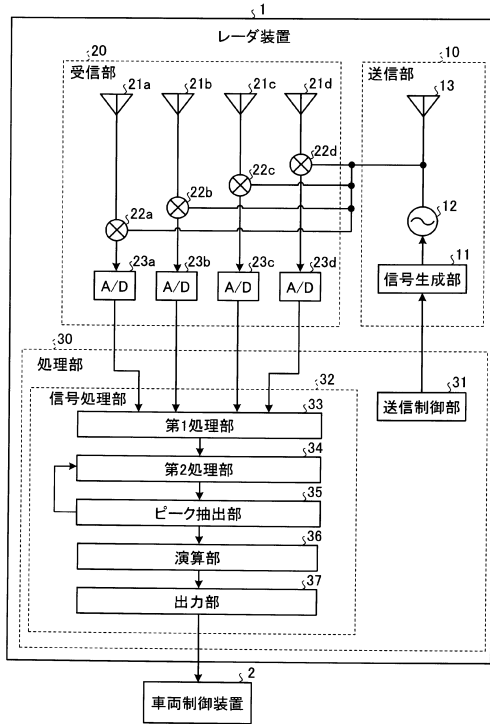
20

30

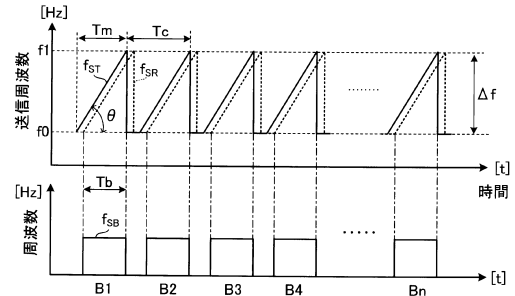
40

50

【図2】



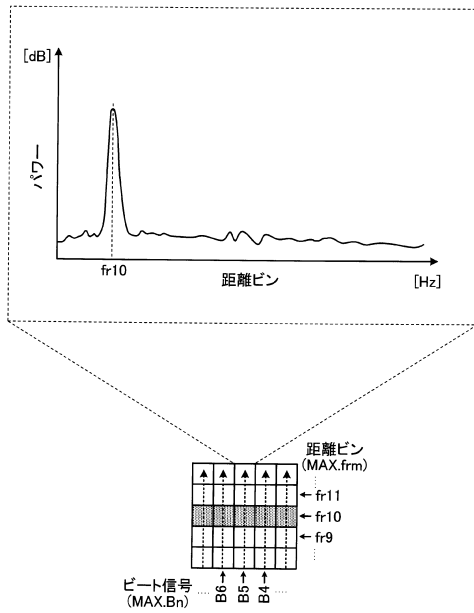
【図3】



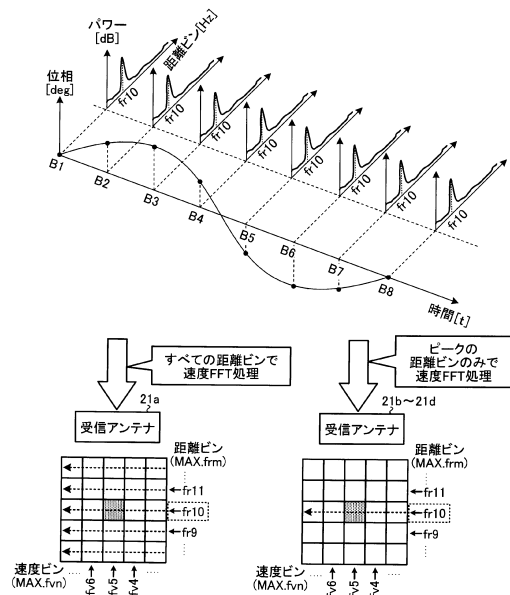
10

20

【図4】



【図5】



30

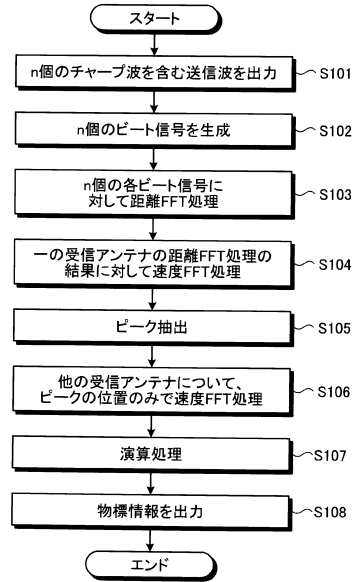
40

50

【 図 6 】

	(1)通常FCM	(2)改良FCM
距離FFTビン数		A
チャープ数		B
ピーク数		10
受信アンテナ数		4
距離FFT処理(4ch分)		
複素数乗算回数		C
複素数加減算回数		D
速度FFT処理(1ch分)		
複素数乗算回数		E
複素数加減算回数		F
速度FFT処理(他3ch分)		
複素数乗算回数	$G \times 3ch$	$G/100 \times 3ch$
複素数加減算回数	$H \times 3ch$	$H/100 \times 3ch$
合計(対(1)比率%)		
複素数乗算回数	100%	72%
複素数加減算回数	100%	72%

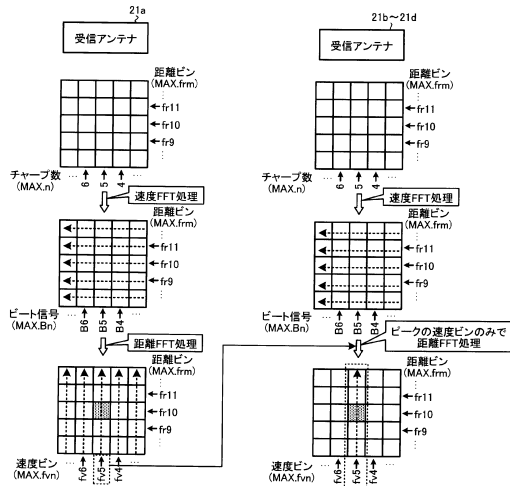
【 図 7 】



10

20

【 図 8 】



【 図 9 】

	(1)通常FCM	(2)改良FCM	(3)改良FCM	(1)通常FCM	(2)改良FCM	(3)改良FCM
距離FFTビン数			A			
チャープ数			B			
ピーク数		10			60	
受信アンテナ数			4			
1回目FFT処理(4ch分)	距離	速度	距離	速度		
複素数乗算回数	C	C/2	C	C/2		
複素数加減算回数	D	D/2	D	D/2		
2回目FFT処理(1ch分)	速度	距離	速度	距離		
複素数乗算回数	E	2E	E	2E		
複素数加減算回数	F	2F	F	2F		
2回目FFT処理(他3ch分)	速度	距離	速度	距離		
複素数乗算回数	$G \times 3ch$	$G/100 \times 3ch$	$G/4 \times 3ch$	$G \times 3ch$	$G/100 \times 3ch$	$2G \times 3ch$
複素数加減算回数	$H \times 3ch$	$H/100 \times 3ch$	$H/4 \times 3ch$	$H \times 3ch$	$H/100 \times 3ch$	$2H \times 3ch$
合計(対(1)比率%)						
複素数乗算回数	100%	72%	60%	100%	74%	97%
複素数加減算回数	100%	72%	60%	100%	74%	97%

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 3 7 7 7 1 1 (U S , A 1)
特開 2 0 0 0 - 2 8 4 0 4 4 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 3 3 6 3 1 (U S , A 1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 1 S 7 / 0 0 - G 0 1 S 7 / 4 2
G 0 1 S 1 3 / 0 0 - G 0 1 S 1 3 / 9 5