

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7128000号
(P7128000)

(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 4 (全15頁)

(21)出願番号	特願2018-49741(P2018-49741)	(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2019-158828(P2019-158828 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 渉志 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】

同一の周波数変化率で周波数が連続的に変化するチャープ信号によって複数のチャープ波が繰り返される送信波を出力する送信部と、

物標による前記送信波の反射波に応じた受信信号と前記チャープ信号とから生成される前記チャープ波毎のビート信号に対して第1FFT処理を行う第1処理部と、

前記第1FFT処理の結果である周波数スペクトルのピーク状態を前記複数のチャープ波間で比較することで前記チャープ波の干渉の有無を判定する判定部と、

前記第1FFT処理の結果に対して第2FFT処理を行う第2処理部とを備え、

前記第2処理部は、

前記判定部によって前記チャープ波に前記干渉があると判定された場合、当該チャープ波に対応する前記第1FFT処理の結果を所定値に置き換えて前記第2FFT処理を行うこと

を特徴とするレーダ装置。

【請求項2】

前記第2FFT処理の結果である周波数スペクトルからピークの大きさが所定の閾値以上の前記ピークを抽出するピーク抽出部をさらに備え、

前記ピーク抽出部は、

前記判定部によって前記干渉があると判定された場合、補正した前記閾値に基づいて抽出処理を行うこと

を特徴とする請求項 1 に記載のレーダ装置。

【請求項 3】

前記判定部は、

前記ピーク状態として、ピークの数、ピークの位置およびピークの大きさの少なくとも 1 つを比較することで前記干渉の有無を判定すること

を特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】

前記判定部によって前記チャープ波に前記干渉があると判定された場合、当該チャープ波に関する情報を含む干渉情報を他の装置へ出力する出力部をさらに備えること

を特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のレーダ装置。

10

【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。

【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チャープ波を送信して物標との距離および相対速度を検出する FCM (Fast Chirp Modulation) 方式のレーダ装置が提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【先行技術文献】

20

【特許文献】

【0003】

【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】

【0004】

ところで、近年、車両周辺を広範囲に監視するために、複数のレーダ装置が設けられる場合がある。しかしながら、複数のレーダ装置を設けた場合、他のレーダ装置のチャープ波を誤って受信することによって自装置のチャープ波が干渉を起こすおそれがあり、かかる干渉を高精度に検出する点で改善の余地があった。

30

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、チャープ波の干渉を高精度に検出することが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。

【課題を解決するための手段】

【0006】

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、送信部と、第 1 処理部と、判定部とを備える。前記送信部は、周波数が連続的に変化するチャープ信号によって複数のチャープ波が繰り返される送信波を出力する。前記第 1 処理部は、物標による前記送信波の反射波に応じた受信信号と前記チャープ信号とから生成される前記チャープ波毎のビート信号に対して第 1 FFT 処理を行う。前記判定部は、前記第 1 FFT 処理の結果である周波数スペクトルのピーク状態を前記複数のチャープ波間で比較することで前記チャープ波の干渉の有無を判定する。

40

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、チャープ波の干渉を高精度に検出することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【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。

50

【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、一つの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、判定部の判定処理を示す図である。

【図 6】図 6 は、第 2 処理部の処理内容を示す図である。

【図 7】図 7 は、ピーク抽出部の処理内容を示す図である。

【図 8】図 8 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 9】図 9 は、レーダ装置が実行する干渉判定の処理手順を示すフローチャートである。

【図 10】図 10 は、変形例に係る送信波を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0009】

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。

【0010】

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。

【0011】

図 1 A に示すように、実施形態に係るレーダシステム S は、車両 M C の前端部に 2 つのレーダ装置 1, 100 を備え、前方の物標 P (例えば、他車両、歩行者等の移動物や、ガードレールなどの静止物等)を検出する。なお、以下では、自装置であるレーダ装置 1 に対して、レーダ装置 100 を他のレーダ装置 100 と記載する場合がある。また、図 1 では、レーダ装置 1, 100 は、車両 M C の前端部に設けられる場合を示したが、車両 M C の側面や後端部に設けられてもよい。また、他のレーダ装置 100 は、1 つに限定されるものではなく、複数であってもよい。

20

【0012】

図 1 A に示すレーダ装置 1, 100 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 $C h 1 \sim C h n$ (図 1 B 参照) 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。

30

【0013】

具体的には、F C M 方式は、チャープ波 $C h 1 \sim C h n$ を生成するチャープ信号と物標 P による送信波の反射波を受信して得られる受信信号とから生成されたチャープ波毎の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。なお、2 次元 F F T 処理は、距離 F F T 処理 (第 1 F F T 処理の一例) および速度 F F T 処理 (第 2 F F T 処理の一例) の 2 回の F F T 処理を行うことである。

【0014】

ところで、近年、図 1 A に示すように、車両 M C の周辺を広範囲に監視するために、車両 M C に複数のレーダ装置 1, 100 が設けられる傾向にあり、設置する数も増加傾向にある。

40

【0015】

しかしながら、従来は、複数のレーダ装置を設けた場合、他のレーダ装置のチャープ波を誤って受信することによって自装置のチャープ波が干渉を起こすおそれがあり、かかる干渉を高精度に検出する点で改善の余地があった。また、自車両に 1 つのレーダ装置を設けた場合であっても、他車両に設けられたレーダ装置と干渉するおそれもある。

【0016】

そこで、実施形態に係るレーダ装置 1 の制御方法では、2 次元 F F T 処理における距離 F F T 処理の結果に基づいてチャープ波の干渉を検出する。

50

【 0 0 1 7 】

図 1 B に示す例では、 n 個のチャープ波 $C h 1 \sim C h n$ (以下、総称してチャープ波 $C h$ と記載する場合がある) を所定の間隔 (数マイクロミリ秒) で繰り返される送信波 $S W$ を出力したとする。実施形態に係るレーダ装置 1 は、まず、送信波 $S W$ と、物標 P による送信波 $S W$ の反射波とに基づいてビート信号を生成する。具体的には、実施形態に係るレーダ装置 1 は、反射波に応じた受信信号とチャープ波 $C h$ を生成するチャープ信号とからチャープ波 $C h$ 毎のビート信号を生成する。

【 0 0 1 8 】

そして、実施形態に係るレーダ装置 1 は、チャープ波毎のビート信号それぞれに対して距離 $F F T$ 処理を行う。距離 $F F T$ 処理の結果は、ビート信号の周波数スペクトルであり、ビート信号の周波数毎 (後述する距離ピン毎) のパワー値 (レベル) である。

10

【 0 0 1 9 】

図 1 B では、チャープ波 $C h 1 \sim C h n$ (に対応するビート信号) それぞれにおいて周波数 $f r 1 0$ (距離ピン $f r 1 0$) にピークが出現しており、かかる距離ピン $f r 1 0$ に対応する距離に物標 P が存在することを示す。また、図 1 B に示すように、送信波 $S W$ のうち、チャープ波 $C h 4$ は、他のレーダ装置 1 0 0 の干渉を受けて、距離ピン $f r 1 1$, $f r 1 2$ にピークが出現していることとする。換言すれば、干渉を受けたチャープ波 $C h 4$ は、ピークの数や、ピークの位置等のピーク状態が他のチャープ波 $C h$ のピーク状態と異なっている。

【 0 0 2 0 】

このため、実施形態に係るレーダ装置 1 では、かかるピーク状態の違いに着目して干渉を検出する。具体的には、実施形態に係るレーダ装置 1 は、距離 $F F T$ 処理の結果それぞれのピーク状態をチャープ波 $C h 1 \sim C h n$ 間で比較することでチャープ波 $C h 1 \sim C h n$ の干渉の有無を判定する。

20

【 0 0 2 1 】

具体的には、実施形態に係るレーダ装置 1 は、複数のチャープ波 $C h 1 \sim C h n$ のうち、他のチャープ波 $C h$ とはピークの数や、ピークの位置等のピーク状態が異なるチャープ波 $C h 4$ があった場合、かかるチャープ波 $C h 4$ が干渉を受けていると判定する。

【 0 0 2 2 】

このように、実施形態に係るレーダ装置 1 では、距離 $F F T$ 処理の結果のピーク状態を比較することで、チャープ波 $C h$ の干渉を高精度に検出することができる。また、実施形態に係るレーダ装置 1 の制御方法によれば、車両 $M C$ に搭載されたレーダ装置 1 0 0 以外にも、例えば、他車両に搭載されたレーダ装置との干渉も高精度に検出することができる。

30

【 0 0 2 3 】

さらに、実施形態に係るレーダ装置 1 の制御方法を適用することで、他のレーダ装置 1 が $F C M$ 方式に限らず、 $F M - C W$ (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式等の他のレーダ方式であっても干渉を高精度に検出することができる。

【 0 0 2 4 】

なお、実施形態に係るレーダ装置 1 では、チャープ波 $C h 4$ に干渉があった場合、かかるチャープ波 $C h 4$ に対応する距離 $F F T$ 処理の結果を所定値 (例えば、ゼロ) に置き換えて速度 $F F T$ 処理を行うが、かかる点については後述する。

40

【 0 0 2 5 】

また、実施形態に係るレーダ装置 1 では、チャープ波 $C h 4$ に干渉があったことを示す情報を、他のレーダ装置 1 0 0 に通知して、他のレーダ装置 1 0 0 のチャープ波 $C h 4$ に対応するチャープ波の使用を禁止させるが、かかる点についても後述する。

【 0 0 2 6 】

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 と、他のレーダ装置 1 0 0 に接続される。なお、図 2 では、レーダ装置 1 から他のレーダ装置 1 0 0 に接続される場合を示したが、例えば、レーダ装置 1 および他のレーダ装置 1 0

50

0 を統括的に制御する制御装置に接続されてもよい。

【 0 0 2 7 】

車両制御装置 2 は、レーダ装置 1 による物標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。

【 0 0 2 8 】

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。

10

【 0 0 2 9 】

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、上記した複数のチャープ波 C h 1 ~ C h n 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、他車両などの物標 P で反射されて反射波となる。

【 0 0 3 0 】

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。

20

【 0 0 3 1 】

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 2 】

これにより、チャープ信号 S T の周波数 $f_{S T}$ (以下、送信周波数 $f_{S T}$ と記載する) と受信信号 S R の周波数 $f_{S R}$ (以下、受信周波数 $f_{S R}$ と記載する) との差となるビート周波数 $f_{S B} (= f_{S T} - f_{S R})$ 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。

30

【 0 0 3 3 】

図 3 は、送信周波数 $f_{S T}$ と、受信周波数 $f_{S R}$ と、ビート周波数 $f_{S B}$ 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 C h 毎に生成される。なお、ここでは、1 回目のチャープ波 C h 1 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 C h 2 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 C h n によって得られるビート信号 S B を「 B n 」としている。

40

【 0 0 3 4 】

また、図 3 に示す例では、送信周波数 $f_{S T}$ は、チャープ波 C h 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 に達すると基準周波数 f_0 に短時間で戻るノコギリ波状である。なお、送信周波数 $f_{S T}$ 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であってもよい。

【 0 0 3 5 】

図 2 の説明に戻り、処理部 3 0 について説明する。処理部 3 0 は、送信制御部 3 1 およ

50

び信号処理部 3 2 を備える。信号処理部 3 2 は、第 1 処理部 3 3、判定部 3 4、第 2 処理部 3 5、ピーク抽出部 3 6、演算部 3 7 および出力部 3 8 を備える。

【 0 0 3 6 】

かかる処理部 3 0 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。

【 0 0 3 7 】

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 3 1 および信号処理部 3 2 として機能する。なお、送信制御部 3 1 および信号処理部 3 2 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。

10

【 0 0 3 8 】

送信制御部 3 1 は、送信部 1 0 の信号生成部 1 1 を制御し、信号生成部 1 1 からノコギリ状に電圧が変化する変調信号を発振器 1 2 へ出力させる。これにより、時間の経過に従って周波数に変化するチャープ信号 ST が発振器 1 2 から送信アンテナ 1 3 へ出力される。

【 0 0 3 9 】

信号処理部 3 2 は、各 A / D 変換器 2 3 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、相対速度および方位を演算する。また、信号処理部 3 2 は、距離 FFT 処理の結果を用いてチャープ波 Ch の干渉の有無を判定する。以下、信号処理部 3 2 の各部の処理について説明する。

20

【 0 0 4 0 】

信号処理部 3 2 の第 1 処理部 3 3 は、各 A / D 変換器 2 3 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。具体的には、第 1 処理部 3 3 は、ビート信号 SB 毎に各距離ピン $f r$ ($f r 1 \sim f r m$) 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。

【 0 0 4 1 】

図 4 は、一つのビート信号 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、横軸を周波数 (すなわち、距離ピン) 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、距離ピン $f r 1 0$ のみにピークが出現していることとする。

30

【 0 0 4 2 】

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 3 3 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ピン $f r$ 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。

【 0 0 4 3 】

つまり、図 4 に示す例では、第 1 処理部 3 3 は、一つのビート信号 SB において、距離ピン $f r 1 0$ 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。そして、第 1 処理部 3 3 は、各ビート信号 SB の距離 FFT 処理の結果を判定部 3 4 へ出力する。

40

【 0 0 4 4 】

図 2 に戻って判定部 3 4 について説明する。判定部 3 4 は、距離 FFT 処理の結果である周波数スペクトルのピーク状態を複数のチャープ波 Ch 間で比較することでチャープ波 Ch の干渉の有無を判定する。ここで、図 5 を用いて、判定部 3 4 の判定処理について具体的に説明する。

【 0 0 4 5 】

図 5 は、判定部 3 4 の判定処理を示す図である。図 5 では、複数のビート信号 SB 1 ~ SB n の距離 FFT 処理の結果を時系列で並べている。なお、図 5 では、n 個のチャープ

50

波 $C h 1 \sim C h n$ に対応する n 個のビート信号 $B 1 \sim B n$ から得られる周波数スペクトルを示している。なお、 n 個のビート信号 $B 1 \sim B n$ すべてにおいて、距離 $\text{bin } f r 1 0$ にピークが出現している。また、4 回目のチャープ波 $C h 4$ に対応するビート信号 $B 4$ では、距離 $\text{bin } f r 1 0$ に加えて距離 $\text{bin } f r 1 1$ および距離 $\text{bin } f r 1 2$ にもピークが出現していることとする。

【0046】

判定部 34 は、時系列に並んだ各ビート信号 $B 1 \sim B n$ の周波数スペクトルそれぞれを比較してピーク状態が異なる周波数スペクトルがあった場合、干渉があると判定する。具体的には、判定部 34 は、ピーク状態として、ピークの数、ピークの位置（距離 bin ）、ピークの大きさ（パワー）の少なくとも 1 つを比較することで干渉の有無を判定する。

10

【0047】

図 5 に示す例では、ビート信号 $B 4$ 以外のビート信号 $S B$ の周波数スペクトルにおけるピークの数 1 個であるのに対し、ビート信号 $B 4$ の周波数スペクトルにおけるピーク数が 3 個と異なるため、判定部 34 は、ビート信号 $B 4$ に対応するチャープ波 $C h 4$ に干渉があると判定する。

【0048】

また、例えば、すべてのビート信号 $B 1 \sim B n$ の周波数スペクトルにおけるピーク数が同じであった場合に、判定部 34 は、かかるピークの位置の違いに基づいて干渉の有無を判定する。つまり、判定部 34 は、ピークの位置が異なる周波数スペクトルがあった場合、かかる周波数スペクトルに対応するチャープ波 $C h$ に干渉があると判定する。

20

【0049】

また、例えば、すべてのビート信号 $B 1 \sim B n$ の周波数スペクトルにおいて、ピーク数およびピークの位置が同じであった場合、判定部 34 は、かかるピークのパワー（大きさ）の違いに基づいて干渉の有無を判定する。つまり、判定部 34 は、ピークのパワーが異なる周波数スペクトルがあった場合、かかる周波数スペクトルに対応するチャープ波 $C h$ に干渉があると判定する。

【0050】

そして、判定部 34 は、すべてのビート信号 $B 1 \sim B n$ の周波数スペクトルにおいて、ピークの数、ピークの位置およびピークの大きさが同じであった場合、チャープ波 $C h$ に干渉が無いと判定する。

30

【0051】

このように、判定部 34 は、ピークの数、ピークの位置およびピークの大きさを比較して干渉判定を行うことで、干渉の有無を高精度に検出することができる。

【0052】

なお、判定部 34 は、ピーク状態として、ピークの数、ピークの位置およびピークの大きさにより干渉判定したが、例えば、周波数スペクトル全体の波形形状を比較して干渉判定を行ってもよい。

【0053】

図 2 に戻って第 2 処理部 35 について説明する。第 2 処理部 35 は、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 $\text{bin } f r$ 毎に各速度 $\text{bin } f v$ について FFT 処理を行うことである。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 $\text{bin } f v$ にピークが出現することとなる。

40

【0054】

具体的には、第 2 処理部 35 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 $S R$ のドップラ成分を利用する。より具体的には、第 2 処理部 35 は、各ビート信号 $S B$ 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 6 を用いて、第 2 処理部 35 の処理内容について具体的に説明する。

【0055】

図 6 は、第 2 処理部 35 の処理内容を示す図である。図 6 では、時間的に連続するビー

50

ト信号 B 1 ~ B 8 の F F T 処理結果とビート信号 B 1 ~ B 8 間のピークの位相変化の一例を示す。図 6 に示す例では、各ビート信号 B 1 ~ B 8 の距離ピン f r 1 0 にピークがあり、かかるピークの位相が変化している。なお、図 6 に示すように、ビート信号 B 4 は、距離ピン f r 1 1 および距離ピン f r 1 2 にピークがある、つまり、判定部 3 4 によってビート信号 B 4 に対応するチャープ波 C h 4 に干渉があると判定されたとする。

【 0 0 5 6 】

ここで、仮に、判定部 3 4 によってチャープ波 C h に干渉が無いと判定された場合について説明する。かかる場合には、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 B 1 ~ B 8 間において同一物標 P に相当する距離ピン f r 1 0 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。

10

【 0 0 5 7 】

第 2 処理部 3 5 は、距離 F F T 処理して得られる周波数スペクトルを時系列に並べて速度 F F T 処理を行うことで、ドップラ周波数に対する周波数ピンにピークが出現する周波数スペクトルを得る。

【 0 0 5 8 】

一方、第 2 処理部 3 5 は、判定部 3 4 によってチャープ波 C h 4 に干渉があると判定された場合、チャープ波 C h 4 に対応する距離 F F T 処理の結果を所定値に置き換えて速度 F F T 処理を行う。

【 0 0 5 9 】

例えば、図 6 に示す例では、第 2 処理部 3 5 は、ビート信号 B 4 の周波数スペクトルにおけるピークの位相をゼロに置き換えて速度 F F T 処理を行う。なお、ピークの位相をゼロに置き換えて速度 F F T 処理を行った場合、ドップラ周波数に相当するピークが出現した周波数スペクトルを得られるが、ピークの位相をゼロにした影響でフロアノイズが上昇することとなる。後述するピーク抽出部 3 6 では、フロアノイズの上昇を加味して閾値を設定するが、かかる点については後述する。

20

【 0 0 6 0 】

つまり、第 2 処理部 3 5 は、干渉があったチャープ波 C h のみ距離 F F T 処理の結果をゼロに置き換えることで、干渉による影響を最小限に抑えることができる。

【 0 0 6 1 】

なお、第 2 処理部 3 5 は、距離 F F T 処理の結果であるピークの位相をゼロに置き換えたが置き換える所定値はゼロに限定されるものではない。例えば、第 2 処理部 3 5 は、前後のチャープ波 C h (チャープ波 C h 3 およびチャープ波 C h 5) の位相を平均化した値を置き換える所定値としてもよい。あるいは、前回のチャープ波 C h (チャープ波 C h 3) の位相を置き換える所定値としてもよい。

30

【 0 0 6 2 】

図 2 に戻ってピーク抽出部 3 6 について説明する。ピーク抽出部 3 6 は、第 2 処理部 3 5 における速度 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閾値以上のピークを抽出する。かかる閾値は、判定部 3 4 の干渉判定の結果に基づいて決定される。ここで、図 7 を用いて、ピーク抽出部 3 6 における閾値の設定方法について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、ピーク抽出部 3 6 の処理内容を示す図である。図 7 では、速度 F F T 処理の結果である周波数スペクトルの一例を示す。図 7 では、横軸に速度ピンを示し、縦軸にピークのパワーを示す。また、図 7 には、チャープ波 C h に干渉が無かった場合のフロアノイズ N 0 と、チャープ波 C h に干渉があった場合のフロアノイズ N x を示している。また、図 7 に示す閾値 T h 1 は、フロアノイズ N 0 の場合の閾値を示す。

40

【 0 0 6 4 】

図 7 に示すように、速度 F F T 処理の結果である周波数スペクトルでは、チャープ波 C h に干渉があった場合のフロアノイズ N x は、干渉が無かった場合のフロアノイズ N 0 よりも上昇することとなる。具体的には、干渉があったチャープ波 C h の数やかかるチャープ波 C h を距離 F F T 処理した結果のピークの位相 (本来得られるはずの位相) に応じた

50

分だけフロアノイズ N_x が上昇する。

【 0 0 6 5 】

そこで、ピーク抽出部 3 6 は、判定部 3 4 によってチャープ波 C_h に干渉があると判定された場合、閾値 T_{h1} を補正する。具体的には、ピーク抽出部 3 6 は、干渉があったチャープ波 C_h の数や、かかるチャープ波 C_h を距離 $F F T$ 処理した結果のピークの位相に基づいてフロアノイズ N_x を算出する。そして、ピーク抽出部 3 6 は、干渉があった場合のフロアノイズ N_x と、干渉が無かった場合のフロアノイズ N_0 との差分を算出し、かかる差分の値を閾値 T_{h1} に加算して新閾値 $T_{h1} + (N_x - N_0)$ とする。

【 0 0 6 6 】

これにより、フロアノイズ N_x によって上昇したノイズピークの誤抽出を防止できるため、ピーク抽出の精度を向上させることができる。

10

【 0 0 6 7 】

図 2 に戻って演算部 3 7 について説明する。演算部 3 7 は、ピーク抽出部 3 6 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 6 8 】

具体的には、演算部 3 7 は、ピーク抽出部 3 6 によって抽出されたピークの距離ビンおよび速度ビン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 6 9 】

また、演算部 3 7 は、所定の角度演算処理により物標 P の角度を推定する。具体的には、演算部 3 7 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ビン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、同一距離ビンのピークの位相の違いにより、同一距離ビンに複数の物標 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 7 0 】

なお、演算部 3 7 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 7 1 】

出力部 3 8 は、車両制御装置 2 およびレーダ装置 1 0 0 に対して各種情報を出力する。例えば、出力部 3 8 は、検出した物標 P に関する情報（距離、相対速度および角度）を車両制御装置 2 へ出力する。

30

【 0 0 7 2 】

また、出力部 3 8 は、判定部 3 4 によってチャープ波 C_h に干渉があると判定された場合、かかるチャープ波 C_h に関する情報を含む干渉情報をレーダ装置 1 0 0 へ出力する。かかる干渉情報には、例えば、 k 回目のチャープ波 C_h に干渉があったことを示す情報が含まれる。

【 0 0 7 3 】

これにより、例えば、レーダ装置 1 0 0 は、干渉情報に基づいて、干渉があった k 回目チャープ波 C_h と同じタイミングでレーダ装置 1 0 0 から出力されたチャープ波 C_h も干渉している可能性が高いとして、物標 P の検出処理に用いないようにすることができる。

40

【 0 0 7 4 】

なお、出力部 3 8 は、複数のレーダ装置 1 , 1 0 0 を統括的に制御している制御装置が別途設けられている場合、かかる制御装置へ干渉情報を出力することとしてもよい。

【 0 0 7 5 】

次に、図 8 および図 9 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 8 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。図 9 は、レーダ装置 1 が実行する干渉判定の処理手順を示すフローチャートである。なお、図 8 および図 9 に示す処理手順は、処理部 3 0 によって繰り返し実行される。

50

【 0 0 7 6 】

まず、図 8 を用いて、レーダ装置 1 が実行する物標検出の処理手順について説明する。図 8 に示すように、送信部 1 0 は、 n 個のチャープ波 C_h を含む送信波 S_W を出力する（ステップ $S 1 0 1$ ）。

【 0 0 7 7 】

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 とからチャープ波 C_h 毎の n 個のビート信号 S_B を生成する（ステップ $S 1 0 2$ ）。

【 0 0 7 8 】

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、判定部 3 4 は、距離 $F F T$ 処理の結果である周波数スペクトルのピーク状態を複数のチャープ波 C_h 間で比較することでチャープ波 C_h の干渉の有無を判定する判定処理を行う（ステップ $S 1 0 4$ ）。なお、判定部 3 4 による判定処理の処理手順については、図 9 で詳細に説明する。

10

【 0 0 7 9 】

つづいて、第 2 処理部 3 5 は、判定部 3 4 によってチャープ波 C_h に干渉があったか否かを判定する（ステップ $S 1 0 5$ ）。第 2 処理部 3 5 は、干渉が無かった場合（ステップ $S 1 0 5, N o$ ）、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 $S 1 0 6$ ）。

【 0 0 8 0 】

一方、第 2 処理部 3 5 は、チャープ波 C_h に干渉があった場合（ステップ $S 1 0 5, Y e s$ ）、干渉があったチャープ波 C_h に対応する距離 $F F T$ 処理の結果を所定値（例えば、ゼロ）に置き換えて（ステップ $S 1 0 7$ ）、処理をステップ $S 1 0 6$ へ移行する。

20

【 0 0 8 1 】

つづいて、ピーク抽出部 3 6 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閾値以上のピークを抽出する（ステップ $S 1 0 8$ ）。かかる閾値は、干渉の有無に応じて補正された値が用いられる。

【 0 0 8 2 】

つづいて、演算部 3 7 は、ピーク抽出部 3 6 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（ステップ $S 1 0 9$ ）。つづいて、出力部 3 8 は、演算部 3 7 による演算結果である物標 P の情報や、干渉があったチャープ波 C_h に関する情報を含む干渉情報を出し（ステップ $S 1 1 0$ ）、処理を終了する。

30

【 0 0 8 3 】

次に、図 9 を用いて、判定部 3 4 による判定処理について説明する。図 9 に示すように、判定部 3 4 は、まず、 n 個の距離 $F F T$ 処理の結果である周波数スペクトラムのピーク状態をチャープ波 C_h 間で比較する（ステップ $S 2 0 1$ ）。

【 0 0 8 4 】

判定部 3 4 は、比較結果に基づいてピーク状態が異なる距離 $F F T$ 処理の結果があるかを判定する（ステップ $S 2 0 2$ ）。判定部 3 4 は、ピーク状態が異なる距離 $F F T$ 処理の結果があった場合（ステップ $S 2 0 2, Y e s$ ）、かかる結果に対応するチャープ波 C_h に干渉があると判定し（ステップ $S 2 0 3$ ）、処理を終了する。

40

【 0 0 8 5 】

一方、判定部 3 4 は、ピーク状態が異なる距離 $F F T$ 処理の結果が無かった場合（ステップ $S 2 0 2, N o$ ）、干渉無しと判定し（ステップ $S 2 0 4$ ）、処理を終了する。

【 0 0 8 6 】

上述してきたように、実施形態に係るレーダ装置 1 は、送信部 1 0 と、第 1 処理部 3 3 と、判定部 3 4 とを備える。送信部 1 0 は、周波数が連続的に変化するチャープ信号によって複数のチャープ波 C_h が繰り返される送信波 S_W を出力する。第 1 処理部 3 3 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 とから生成されるチャープ波 C_h 毎のビート信号 S_B に対して第 1 $F F T$ 処理を行う。判定部 3 4 は、第

50

1 F F T 処理の結果である周波数スペクトルのピーク状態を複数のチャープ波 C h 間で比較することでチャープ波 C h の干渉の有無を判定する。これにより、チャープ波 C h の干渉を高精度に検出することができる。

【 0 0 8 7 】

なお、上述した実施形態では、送信波 S W の複数のチャープ波 C h すべては、周波数が連続的に増加する（すなわち、アップチャープ）場合を示したが、例えば、周波数が連続的に減少する（すなわち、ダウンチャープ）チャープ波 C h であってもよい。また、送信波 S W の複数のチャープ波 C h は、アップチャープとダウンチャープとが混在してもよい。かかる点について、図 1 0 を用いて説明する。

【 0 0 8 8 】

図 1 0 は、変形例に係る送信波 S W を示す図である。図 1 0 に示すように、送信波 S W は、アップチャープ U P およびダウンチャープ D N のチャープ波 C h がランダム繰り返されてもよい。

【 0 0 8 9 】

つまり、送信波 S W をアップチャープ U P およびダウンチャープ D N の任意の組み合わせにより構成する。これにより、例えば、他のレーダ装置 1 0 0 の送信波 S W のチャープ波 C h と周波数が重なりにくくなり、結果、干渉の発生を抑えることができる。

【 0 0 9 0 】

なお、アップチャープ U P およびダウンチャープ D N が任意に組み合わせられた場合、第 1 処理部 3 3、判定部 3 4、第 2 処理部 3 5、ピーク抽出部 3 6 および演算部 3 7 は、アップチャープ U P およびダウンチャープ D N それぞれを別々に処理する。そして、演算部 3 7 は、アップチャープ U P およびダウンチャープ D N それぞれで算出された距離、相対速度および角度を平均化して、最終的な距離、相対速度および角度を算出する。

【 0 0 9 1 】

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。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 2 】

- 1 レーダ装置
- 2 車両制御装置
- 1 0 送信部
- 1 1 信号生成部
- 1 2 発振器
- 1 3 送信アンテナ
- 2 0 受信部
- 2 1 , 2 1 a ~ 2 1 d 受信アンテナ
- 2 2 , 2 2 a ~ 2 2 d ミキサ
- 2 3 , 2 3 a ~ 2 3 d A / D 変換器
- 3 0 処理部
- 3 1 送信制御部
- 3 2 信号処理部
- 3 3 第 1 処理部
- 3 4 判定部
- 3 5 第 2 処理部
- 3 6 ピーク抽出部
- 3 7 演算部
- 3 8 出力部

10

20

30

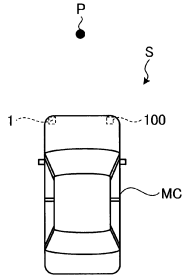
40

50

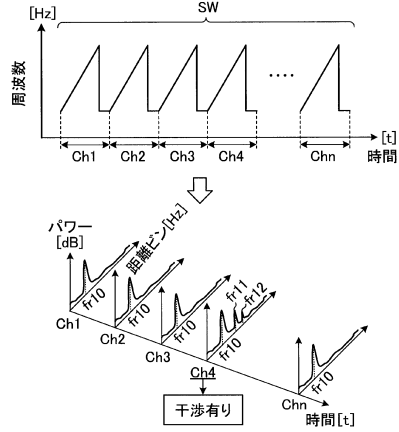
100 レーダ装置
 MC 車両
 P 物標
 S レーダシステム

【図面】

【図1A】



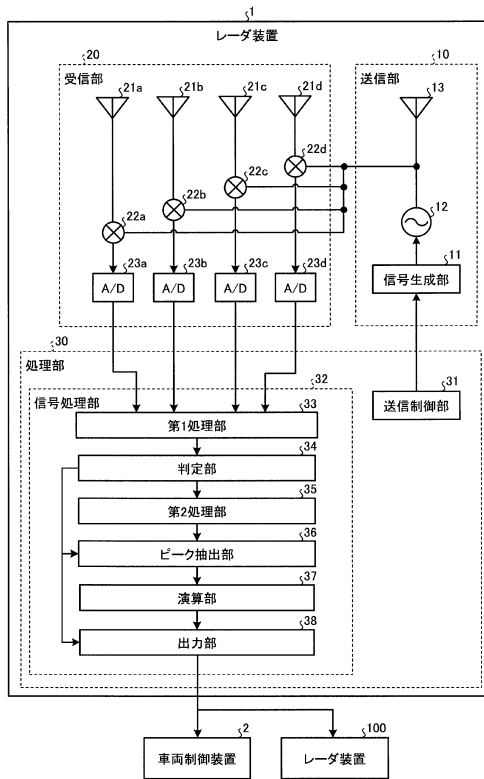
【図1B】



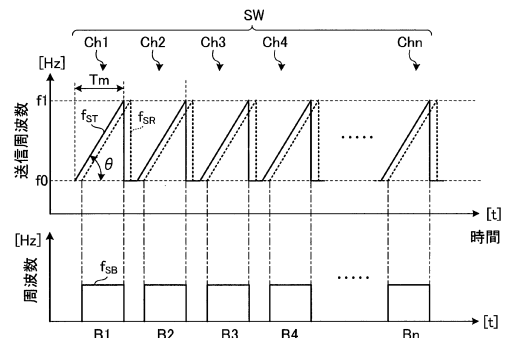
10

20

【図2】



【図3】

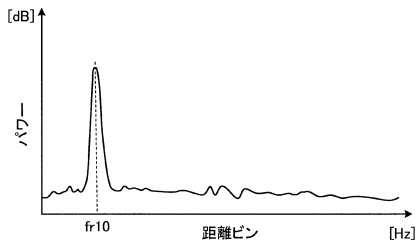


30

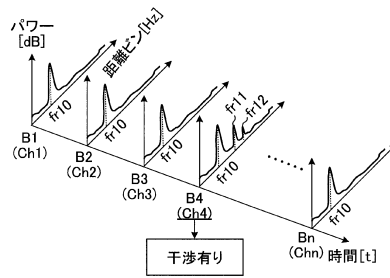
40

50

【 図 4 】

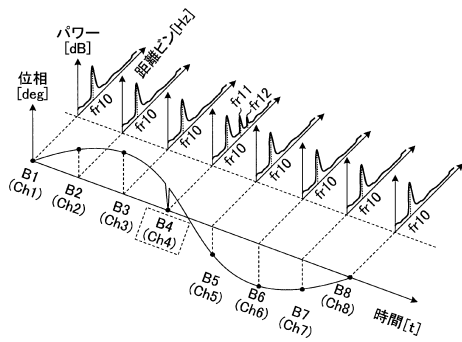


【 図 5 】

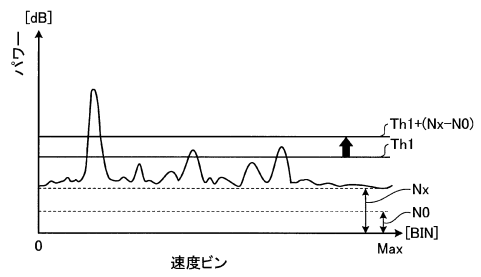


10

【 図 6 】



【 図 7 】



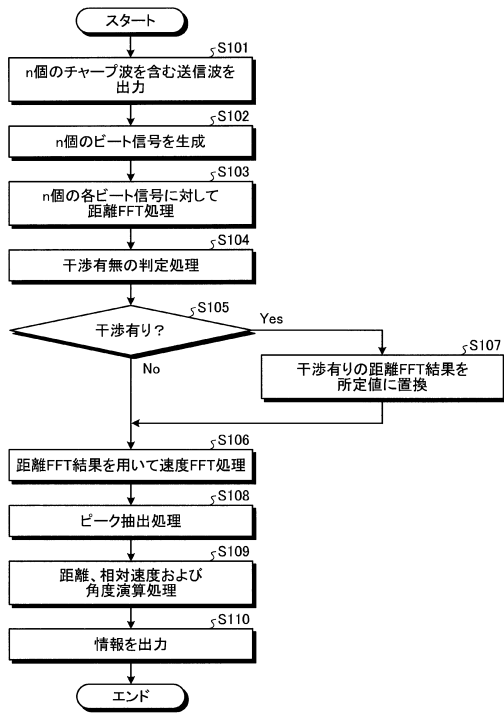
20

30

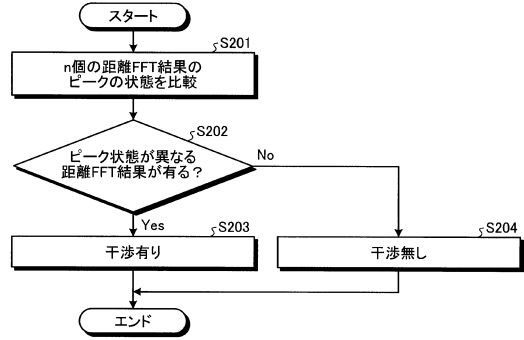
40

50

【 図 8 】



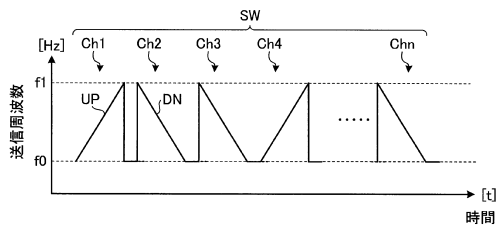
【 図 9 】



10

20

【 図 10 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-043138(JP,A)
米国特許出願公開第2016/0146933(US,A1)
特開2013-160585(JP,A)
特開2013-213761(JP,A)
特開2004-264259(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01S 7/00 - G01S 7/42
G01S 13/00 - G01S 13/95