

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5116746号
(P5116746)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月26日(2012.10.26)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 S 13/34 (2006.01) GO 1 S 13/34
GO 1 S 13/93 (2006.01) GO 1 S 13/93 Z

請求項の数 5 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2009-229665 (P2009-229665)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成21年10月1日(2009.10.1)	(74) 代理人	100073759 弁理士 大岩 増雄
(65) 公開番号	特開2011-75500 (P2011-75500A)	(74) 代理人	100093562 弁理士 児玉 俊英
(43) 公開日	平成23年4月14日(2011.4.14)	(74) 代理人	100088199 弁理士 竹中 考生
審査請求日	平成22年11月12日(2010.11.12)	(74) 代理人	100094916 弁理士 村上 啓吾
		(72) 発明者	中川 才 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

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】

4つの変調区間を有する送信信号を送信する送信手段と、
 前記送信手段からの送信信号がターゲットで反射された反射信号を受信信号として受信する受信手段と、

前記送信信号と前記受信信号とをミキシングしてビート信号を得るミキシング手段と、
 前記ミキシング手段で得たビート信号を周波数解析してピーク周波数を抽出するピーク周波数抽出手段と、

前記ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、前記4つの変調区間のうち2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第1ペアを生成し、この第1ペアのピーク周波数から前記ターゲットの距離及び相対速度を算出する第1ペア距離・相対速度算出手段と、

前記ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、前記2つの変調区間とは異なる2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第2ペアを生成し、この第2ペアのピーク周波数から前記ターゲットの距離及び相対速度を算出する第2ペア距離・相対速度算出手段と、

前記第2ペア距離・相対速度算出手段で算出された第2ペアの距離及び相対速度から第1ペアのピーク周波数を推定する第1ペアピーク周波数推定手段と、

前記第1ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、0付

10

20

近である場合に、第1ペアを生成してその第1ペアにおける距離及び相対速度を推定する第1ペア距離・相対速度推定手段と、

前記第1ペア距離・相対速度算出手段で算出された第1ペアの距離及び相対速度から第2ペアのピーク周波数を推定する第2ペアピーク周波数推定手段と、

前記第2ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、0付近である場合に、第2ペアを生成してその第2ペアにおける距離及び相対速度を推定する第2ペア距離・相対速度推定手段と、

前記第1ペア距離・相対速度算出手段と前記第1ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された前記第1ペアの距離及び相対速度と、前記第2ペア距離・相対速度算出手段及び前記第2ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された前記第2ペアの距離及び相対速度が、夫々ほぼ等しい場合に、前記ターゲットの距離及び相対速度を確定するターゲット確定手段とを備えたことを特徴とするレーダ装置。

10

【請求項2】

4つの変調区間を有する送信信号を送信する送信手段と、

前記送信手段からの送信信号がターゲットで反射された反射信号を受信信号として受信する受信手段と、

前記送信信号と前記受信信号とをミキシングしてビート信号を得るミキシング手段と、

前記ミキシング手段で得たビート信号を周波数解析してピーク周波数を抽出するピーク周波数抽出手段と、

20

前記ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、前記4つの変調区間のうち2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第1ペアを生成し、この第1ペアのピーク周波数から前記ターゲットの距離及び相対速度を算出する第1ペア距離・相対速度算出手段と、

前記ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、前記2つの変調区間とは異なる2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第2ペアを生成し、この第2ペアのピーク周波数から前記ターゲットの距離及び相対速度を算出する第2ペア距離・相対速度算出手段と、

前記第2ペア距離・相対速度算出手段で算出された第2ペアの距離及び相対速度から第1ペアのピーク周波数を推定する第1ペアピーク周波数推定手段と、

30

前記第1ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットの存在する周波数範囲である場合に、第1ペアを生成してその第1ペアにおける距離及び相対速度を推定する第1ペア距離・相対速度推定手段と、

前記第1ペア距離・相対速度算出手段で算出された第1ペアの距離及び相対速度から第2ペアのピーク周波数を推定する第2ペアピーク周波数推定手段と、

前記第2ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットの存在する周波数範囲である場合に、第2ペアを生成してその第2ペアにおける距離及び相対速度を推定する第2ペア距離・相対速度推定手段と、

40

前記第1ペア距離・相対速度算出手段と前記第1ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された前記第1ペアの距離及び相対速度と、前記第2ペア距離・相対速度算出手段及び前記第2ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された前記第2ペアの距離及び相対速度が、夫々ほぼ等しい場合に、前記ターゲットの距離及び相対速度を確定するターゲット確定手段とを備えたことを特徴とするレーダ装置。

【請求項3】

前記4つの変調区間は、時間に対して周波数が三角波状に増減するよう変調された区間を有し、前記各区間は繰返し周波数と変調幅と中心周波数がそれぞれ異な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】

50

前記4つの変調区間は、時間に対して周波数が三角波状に増減するよう変調された第1の区間と第2の区間を有し、前記第1の区間と第2の区間の繰返し周波数と変調幅と中心周波数がそれぞれ異な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5】

前記停止物ターゲットが存在する周波数範囲は、レーダ方式をFM - パルスドップラー方式とし、レンジゲートごとに自車速、レンジゲート幅から算出される周波数範囲であることを特徴とする請求項2に記載のレーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、対象物体（以下、「ターゲット」という）に送信信号（電波）を照射して、送信信号に基づくターゲットからの反射信号を受信手段で受信した際に、反射信号に基づいてターゲット情報を算出するレーダ装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、連続的に周波数を変調した送信信号をターゲットに対して送信し、ターゲットからの反射信号を受信し、送信信号と反射信号のビート信号のピーク周波数に基づいて、ターゲットとの距離及び相対速度を算出する周波数変調レーダ装置が知られている。

この種のレーダ装置におけるターゲットの距離R及び相対速度Vは、一般的なFM - CW (Frequency Modulation Continuous Wave) レーダの原理に基づいて以下のようにして算出される。

【0003】

送信信号に繰返し周波数 f_m 、変調幅Fの三角波の周波数変調を施し、周波数が時間的に線形に増加する上昇区間で得られるビート信号のピーク周波数を f_u 、周波数が時間的に線形に減少する下降区間で得られるビート信号のピーク周波数を f_d とすると、

$$f_u = f_r - f_p \quad \dots (1)$$

$$f_d = f_r + f_p \quad \dots (2)$$

で表される。

【0004】

また、 f_r はターゲットまでの距離Rに比例する量、 f_p はターゲットの相対速度Vに比例する量で、

$$f_r = (4 \cdot f_m \cdot F / C) \cdot R \quad \dots (3)$$

$$f_p = (2 \cdot f_0 / C) \cdot V \quad \dots (4)$$

で表される。ここで、Cは光速を、 f_0 は送信信号の中心周波数を示す。

【0005】

よって、ターゲットの距離R及び相対速度Vは、式(1)、(2)、(3)、(4)から、 f_u 、 f_d の加減処理を用いて、

$$f_u + f_d = 2 f_r \quad \dots (5)$$

$$f_u - f_d = -2 f_p \quad \dots (6)$$

$$R = M1 \cdot f_r = M1 \cdot (f_u + f_d) / 2 \quad \dots (7)$$

$$V = M2 \cdot f_p = M2 \cdot (f_u - f_d) / 2 \quad \dots (8)$$

で表される。ただし、

$$M1 = C / (4 \cdot f_m \cdot F) \quad \dots (9)$$

$$M2 = C / (2 \cdot f_0) \quad \dots (10)$$

$$f_u = R / M1 + V / M2 \quad \dots (11)$$

$$f_d = R / M1 - V / M2 \quad \dots (12)$$

【0006】

上昇区間のビート信号のピーク周波数 f_u と下降区間のビート信号のピーク周波数 f_d が分かれば、式(7)、(8)から、ターゲットの距離R及び相対速度Vを算出することができる。

10

20

30

40

50

ところが、上記の周波数変調レーダ装置では、ターゲットが単一の場合、その距離 R 及び相対速度 V を正確に求めることができるが、路上の他車両を測定する場合など、ターゲットが複数存在する場合、それぞれのターゲットの距離 R 及び相対速度 V を決定することができないという問題がある。

【0007】

例えば、2つのターゲット a と b において、上昇区間で得られるビート信号のピーク周波数を f_{ua} 、 f_{ub} 、下降区間で得られるビート信号のピーク周波数を f_{da} 、 f_{db} とした場合、ターゲットの距離 R_a 、 R_b 及び相対速度 V_a 、 V_b を求めるためには、そのターゲットの上昇区間と下降区間におけるビート信号のピーク周波数のペアを見つけ、式(7)、(8)に代入すればよい。

10

ここで、ピーク周波数を f_u 、 f_d 、距離 R 及び相対速度 V において、添字 a が付いているものがターゲット a の、添字 b が付いているものがターゲット b の、それぞれピーク周波数、距離及び相対速度を表す。

【0008】

しかし、ターゲットが2つ存在する場合、上昇区間と下降区間のビート信号のピーク周波数のペアは $\{f_{ua}, f_{da}\}$ $\{f_{ua}, f_{db}\}$ $\{f_{ub}, f_{da}\}$ $\{f_{ub}, f_{db}\}$ の4ペアが存在する。

正しい $\{f_{ua}, f_{da}\}$ と $\{f_{ub}, f_{db}\}$ の2ペアが生成されれば、ターゲット a の距離 R_a 及び相対速度 V_a 、ターゲット b の距離 R_b 及び相対速度 V_b が算出されるが、間違った $\{f_{ua}, f_{db}\}$ $\{f_{ub}, f_{da}\}$ の2ペアが生成されれば、実際のターゲット a と b の距離及び相対速度とは異なる値が算出されてしまう。

20

【0009】

このように、ターゲットが複数存在する場合、複数のピーク周波数が発生するため、誤ったペアを生成する(誤ペアリングの)可能性が高くなる。

そこで、特許文献1に示された技術では、同じターゲットから反射した受信信号に基づいて得られた距離及び相対速度であれば、変調幅 f 、繰返し周波数 f_m 、送信信号の中心周波数 f_0 (以下、変調信号)が変化してもその値は、変わらないことを利用し、変調信号切り替え前の上昇区間と下降区間のピーク周波数のペア $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ と、切り替え後の上昇区間と下降区間のピーク周波数のペア $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ に基づいて、夫々距離及び相対速度を算出し、「切り替え前の距離 R_1 及び相対速度 V_1 」と「切り替え後の距離 R_2 及び相対速度 V_2 」が夫々同一である場合、正しいペアであると判定し、ターゲットの距離及び相対速度を確定させている。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2002-236170号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

特許文献1の技術に代表されるレーダ装置は、変調信号切り替え前の上昇区間と下降区間のピーク周波数のペア $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ と、切り替え後の上昇区間と下降区間のピーク周波数のペア $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ に基づいて、ターゲットの距離及び速度を確定させているため、ピーク周波数が所定範囲でピーク周波数として抽出されない場合、一方のペアが生成できず、ターゲットの距離及び速度を算出できない課題があった。

40

【0012】

これは、送受信機やA/D変換器にて発生するノイズ、ばらつきや温度特性によるオフセット電圧、送受信アンテナ間の結合、レドーム等による至近距離からの反射信号、停止物ターゲットからの反射信号、等が受信信号に重畳され、これを周波数解析した場合、周波数が所定範囲の部分に反映され、ピーク周波数として抽出できず、一方のペアが生成できないためである。

50

【0013】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、誤ペアリングが無いことはもちろんのこと、ピーク周波数が抽出されず、一方のペアが生成できない場合においても、ターゲットの距離及び速度を算出できるレーダ装置を提供す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】

【0014】

この発明のレーダ装置は、4つの変調区間を有する送信信号を送信する送信手段と、送信手段からの送信信号がターゲットで反射された反射信号を受信信号として受信する受信手段と、送信信号と受信信号とをミキシングしてビート信号を得るミキシング手段と、ミキシング手段で得たビート信号を周波数解析してピーク周波数を抽出するピーク周波数抽出手段と、ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、4つの変調区間のうち2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第1ペアを生成し、この第1ペアのピーク周波数からターゲットの距離及び相対速度を算出する第1ペア距離・相対速度算出手段と、ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、2つの変調区間とは異なる2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第2ペアを生成し、この第2ペアのピーク周波数からターゲットの距離及び相対速度を算出する第2ペア距離・相対速度算出手段と、第2ペア距離・相対速度算出手段で算出された第2ペアの距離及び相対速度から第1ペアのピーク周波数を推定する第1ペアピーク周波数推定手段と、第1ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、0付近である場合に、第1ペアを生成してその第1ペアにおける距離及び相対速度を推定する第1ペア距離・相対速度推定手段と、第1ペア距離・相対速度算出手段で算出された第1ペアの距離及び相対速度から第2ペアのピーク周波数を推定する第2ペアピーク周波数推定手段と、第2ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、0付近である場合に、第2ペアを生成してその第2ペアにおける距離及び相対速度を推定する第2ペア距離・相対速度推定手段と、第1ペア距離・相対速度算出手段と第1ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された第1ペアの距離及び相対速度と、第2ペア距離・相対速度算出手段及び第2ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された第2ペアの距離及び相対速度が、夫々ほぼ等しい場合に、ターゲットの距離及び相対速度を確定するターゲット確定手段とを備えたものである。

【0015】

この発明のレーダ装置は、4つの変調区間を有する送信信号を送信する送信手段と、送信手段からの送信信号がターゲットで反射された反射信号を受信信号として受信する受信手段と、送信信号と受信信号とをミキシングしてビート信号を得るミキシング手段と、ミキシング手段で得たビート信号を周波数解析してピーク周波数を抽出するピーク周波数抽出手段と、ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、4つの変調区間のうち2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第1ペアを生成し、この第1ペアのピーク周波数からターゲットの距離及び相対速度を算出する第1ペア距離・相対速度算出手段と、ピーク周波数抽出手段で抽出したピーク周波数から、2つの変調区間とは異なる2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第2ペアを生成し、この第2ペアのピーク周波数からターゲットの距離及び相対速度を算出する第2ペア距離・相対速度算出手段と、第2ペア距離・相対速度算出手段で算出された第2ペアの距離及び相対速度から第1ペアのピーク周波数を推定する第1ペアピーク周波数推定手段と、第1ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットの存在する周波数範囲である場合に、第1ペアを生成してその第1ペアにおける距離及び相対速度を推定する第1ペア距離・相対速度推定手段と、第1ペア距離・相対速度算出手段で算出された第1ペアの距離及び相対速度から第2ペアのピーク周波数を推定する第2ペアピーク周波数推定

10

20

30

40

50

手段と、第 2 ペアピーク周波数推定手段で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットの存在する周波数範囲である場合に、第 2 ペアを生成してその第 2 ペアにおける距離及び相対速度を推定する第 2 ペア距離・相対速度推定手段と、第 1 ペア距離・相対速度算出手段と第 1 ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された第 1 ペアの距離及び相対速度と、第 2 ペア距離・相対速度算出手段及び第 2 ペア距離・相対速度推定手段で算出及び推定された第 2 ペアの距離及び相対速度が、夫々ほぼ等しい場合に、ターゲットの距離及び相対速度を確定するターゲット確定手段とを備えたものである。

【発明の効果】

【0016】

この発明によれば、送受信機や A/D 変換器にて発生するノイズ、ばらつきや温度特性によるオフセット電圧、送受信アンテナ間の結合、レドーム等による至近距離からの反射信号、停止物ターゲットからの反射信号、等が受信信号に重畳され、ピーク周波数が所定範囲内で抽出されない場合においても、ある変調区間のペアから別の変調区間のペアのピーク周波数を推定し、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方が所定条件である場合に、ペアを生成するため、ターゲットの距離及び速度を算出できる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図 1】この発明の実施の形態 1 に係るレーダ装置を示すブロック図である。

【図 2】この発明の実施の形態 1 に係る 4 つの変調区間を有する送信信号の波形例を示す図である。

【図 3 A】この発明の実施の形態 1 によるターゲット検出部の動作を示すフローチャートである。

【図 3 B】図 3 A のフローチャートの続きを示すフローチャートである。

【図 4】この発明の実施の形態 1 による変調区間毎における複素スペクトラムの振幅を表す図である。

【図 5 A】この発明の実施の形態 2 によるターゲット検出部の動作を示すフローチャートである。

【図 5 B】図 5 A のフローチャートの続きを示すフローチャートである。

【図 6】この発明の実施の形態 2 による変調区間毎における複素スペクトラムの振幅を表す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

実施の形態 1.

以下、この発明の実施の形態 1 に係るレーダ装置を図 1 ~ 図 4 に基づいて説明する。図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係るレーダ装置を示すブロック図、図 2 は送信信号の波形例を示す図、図 3 A・図 3 B はターゲット検出部の動作を示すフローチャート、図 4 は変調区間毎における複素スペクトラムの振幅を表す図である。

図 1 において、レーダ装置は、マイクロコンピュータからなるターゲット検出部 1 と、ターゲット検出部 1 の制御下で制御電圧を出力する制御電圧発生器 2 と、制御電圧に基づいて周波数が上昇/下降変調された送信信号を出力する電圧制御発振器 VCO (Voltage Controlled Oscillator) 3 と、送信信号を分配する分配器 4 と、ターゲット 40、41 に対して送信信号 W1 を出射する送信アンテナ 5 (送信手段) とを備えている。

【0019】

また、レーダ装置は、送信信号 W1 がターゲット 40、41 で反射された反射信号 W2 を受信する受信アンテナ 6 (受信手段) と、分配器 4 で分配された送信信号と受信アンテナ 6 で受信された受信信号とをそれぞれミキシングしてビート信号を得るミキサ 7 (ミキシング手段) と、ビート信号を A/D 変換する A/D コンバータ 8 と、A/D 変換された

10

20

30

40

50

ビート信号を周波数解析する高速フーリエ変換器FFT (Fast Fourier Transform) 9とを備えている。

FFT 9からのビート信号の周波数解析結果(ビート周波数スペクトラム)は、ターゲット検出部1に入力される。ターゲット検出部1は、ターゲット40、41の距離及び相対速度を算出して、ターゲット情報として外部装置(図示せず)に出力する。

【0020】

ターゲット40、41の距離及び相対速度等のターゲット情報を得るため、ターゲット検出部1は、ビート信号の周波数解析結果からピーク周波数を検出するピーク検出部10(ピーク周波数抽出手段)と、4つの変調区間(後述する図2で説明)のうち2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第1ペアを生成して、第1ペアの距離R1及び相対速度V1を算出する第1ペア距離・相対速度算出部11と、上記した2つの変調区間とは異なる別の2つの変調区間のピーク周波数をペアリングして第2ペアを生成して、第2ペアの距離R2及び相対速度V2を算出する第2ペア距離・相対速度算出部12とを備えている。

10

【0021】

また、ターゲット検出部1は、第2ペア距離・相対速度算出部12によって算出された第2ペアの距離R2及び相対速度V2から第1ペアのピーク周波数を推定する第1ペアピーク周波数推定部13(第1ペアピーク周波数推定手段)と、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、もう一方が所定条件である場合に、第1ペアを生成し、距離R1及び相対速度V1を推定する第1ペア距離・相対速度推定部14(第1ペア距離・相対速度推定手段)と、第1ペア距離・相対速度算出部11によって算出された第1ペアの距離R1及び相対速度V1から第2ペアのピーク周波数を推定する第2ペアピーク周波数推定部15(第2ペアピーク周波数推定手段)と、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、もう一方が所定条件である場合に、第2ペアを生成し、距離R2及び相対速度V2を算出する第2ペア距離・相対速度推定部16(第2ペア距離・相対速度推定手段)とを備えている。

20

【0022】

さらに、第1ペア距離・相対速度算出部11および第1ペア距離・相対速度推定部14でそれぞれ算出および推定された第1ペアの距離R1及び相対速度V1と、第2ペア距離・相対速度算出部12および第2ペア距離・相対速度推定部16でそれぞれ算出および推定された第2ペアの距離R2及び相対速度V2が夫々ほぼ等しい場合に、ターゲット40、41の距離R及び相対速度Vを確定させるターゲット確定部17(ターゲット確定手段)とを備えている。

30

【0023】

なお、ここで、第1ペア距離・相対速度算出部11、第1ペアピーク周波数推定部13および第1ペア距離・相対速度推定部14で第1ペアを生成する第1ペア生成手段を構成し、第2ペア距離・相対速度算出部12、第2ペアピーク周波数推定部15および第2ペア距離・相対速度推定部16で第2ペアを生成する第2ペア生成手段を構成している。

【0024】

以下、図1に示したこの発明の実施の形態1の動作について説明する。

40

まず、ターゲット検出部1から制御電圧発生器2に対して変調開始命令が出力されると、制御電圧発生器2から予め設定された図2に示すように4つの変調区間(たとえば、三角状の上昇区間1/下降区間1/上昇区間2/下降区間2)の制御電圧が電圧制御発振器VCO3に印加され、VCO3からは、制御電圧にしたがって変調区間ごとに周波数変調された送信信号が出力される。

ここで、上昇区間1/下降区間1と上昇区間2/下降区間2とでは、繰返し周波数 f_m と変調幅 F と中心周波数 f_0 が異なる送信信号が出力される。すなわち、上昇区間1/下降区間1では、繰返し周波数 f_{m1} と変調幅 F_1 と中心周波数 f_{0_1} の送信信号が、上昇区間2/下降区間2では、繰返し周波数 f_{m2} と変調幅 F_2 と中心周波数 f_{0_2} の送信信号が出力される。

50

【 0 0 2 5 】

電圧制御発振器 V C O 3 からの送信信号は、分配器 4 を介して送信アンテナ 5 とミキサ 7 とに分配され、送信アンテナ 5 からターゲット 4 0、4 1 に向けて送信信号 W 1 として出射される。一方、ターゲット 4 0、4 1 で反射された反射信号 W 2 は、受信アンテナ 6 により、受信信号として受信され、ミキサ 7 により送信信号とミキシングされる。

これにより、ミキサ 7 からは、ビート信号が生成され、ビート信号は、上昇区間 1 / 下降区間 1 / 上昇区間 2 / 下降区間 2 のそれぞれについて、A / D コンバータ 8 で各々デジタルデータに変換される。

【 0 0 2 6 】

A / D コンバータ 8 から生成されたデジタルデータは、高速フーリエ変換器 F F T 9 により、高速フーリエ変換を用いた周波数解析が施される。F F T 9 により算出された周波数解析結果（ビート周波数スペクトル）は、上昇区間 1 / 下降区間 1 / 上昇区間 2 / 下降区間 2 のそれぞれについて、ターゲット検出部 1 に入力される。

10

【 0 0 2 7 】

ターゲット検出部 1 内において、まず、ピーク検出部 1 0 は、周波数解析結果からピーク周波数を抽出する。

次に、第 1 ペア距離・相対速度算出部 1 1 は、ピーク検出部 1 0 で抽出された上昇区間 1 と下降区間 1 のピーク周波数から第 1 ペアの距離 R 1 及び相対速度 V 1 を算出し、第 2 ペア距離・相対速度算出部 1 2 は、ピーク検出部 1 0 で抽出された上昇区間 2 と下降区間 2 のピーク周波数から第 2 ペアの距離 R 2 及び相対速度 V 2 を算出する。

20

【 0 0 2 8 】

さらに、ターゲット検出部 1 の第 1 ペアピーク周波数推定部 1 3 は、第 2 ペア距離・相対速度算出部 1 2 によって算出された第 2 ペアの距離 R 2 及び相対速度 V 2 から第 1 ペアのピーク周波数を推定する。第 1 ペア距離・相対速度推定部 1 4 は、第 1 ペアピーク周波数推定部 1 3 で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、もう一方が所定条件である場合に、第 1 ペアを生成し、距離 R 1 及び相対速度 V 1 を推定する。

【 0 0 2 9 】

同様に、ターゲット検出部 1 の第 2 ペアピーク周波数推定部 1 5 は、第 1 ペア距離・相対速度算出部 1 1 によって算出された第 1 ペアの距離 R 1 及び相対速度 V 1 から第 2 ペアのピーク周波数を推定する。第 2 ペア距離・相対速度推定部 1 6 は、第 2 ペアピーク周波数推定部 1 5 で推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、もう一方が所定条件である場合に、第 2 ペアを生成し、距離 R 2 及び相対速度 V 2 を推定する。

30

【 0 0 3 0 】

最後に、ターゲット確定部 1 7 は、第 1 ペア距離・相対速度算出手段 1 1 と第 1 ペア距離・相対速度推定手段 1 4 で算出・推定（演算）された第 1 ペアの距離 R 1 及び相対速度 V 1 と、第 2 ペア距離・相対速度算出手段 1 2 と第 2 ペア距離・相対速度推定手段 1 6 で算出・推定（演算）された第 2 ペアの距離 R 2 及び相対速度 V 2 とが、夫々ほぼ等しい場合に、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R 及び相対速度 V を確定させる。

40

【 0 0 3 1 】

次に、図 3 ~ 図 4 を参照しながら、図 1 に示したターゲット検出部 1 の動作について具体的に説明する。図 3 A、図 3 B はターゲット検出部 1 の動作手順を示すフローチャートである。図 4 は図 3 A 内のステップ S 1 0 1 の処理を示す説明図であり、入力されたビート周波数スペクトラムの振幅を示している。

【 0 0 3 2 】

図 3 A において、ステップ S 1 0 1 は、ピーク検出部 1 0 によりビート周波数スペクトラムの振幅に対して、ピーク周波数を検出する。具体的には、図 4 に示すように、ビート周波数スペクトラムの振幅に対して、検出閾値を設け、検出閾値以上かつ前後のビート周波数の振幅より大きい振幅をピークと判定する。

50

【 0 0 3 3 】

図4において、(a)は上昇区間1のビート周波数スペクトルの振幅を示し、(b)は下降区間1のビート周波数スペクトルの振幅を示し、(c)は上昇区間2のビート周波数スペクトルの振幅を示し、(d)は下降区間2のビート周波数スペクトルの振幅を示しており、それぞれ、横軸はビート周波数、縦軸は振幅である。

また、ピークとなったピーク周波数は、上昇区間1については「 f_{u1_a} 、 f_{u1_b} 」で示され、下降区間1については「 f_{d1_a} 、 f_{d1_b} 」で示され、上昇区間2については「 f_{u2_b} 」で示され、下降区間2については「 f_{d2_a} 、 f_{d2_b} 」で示されている。

なお、ターゲット40に基づくピーク周波数は、添字にaが付いた「 f_{u1_a} 」「 f_{d1_a} 」「 f_{d2_a} 」(上昇区間2はピーク周波数が抽出されず)で示され、ターゲット41に基づくピーク周波数は、添字にbが付いた「 f_{u1_b} 」「 f_{d1_b} 」「 f_{u2_b} 」「 f_{d2_b} 」で示されている。

10

【 0 0 3 4 】

図3Aに戻り、ステップS102は、第1ペア距離・相対速度算出部11により、ステップS101で得られた上昇区間1と下降区間1(繰返し周波数 f_{m1} と変調幅 $F1$ と中心周波数 f_{0_1})のピーク周波数{ f_{u1} 、 f_{d1} }から、第1ペアを生成し、第1ペアの距離 $R1$ 及び相対速度 $V1$ を、一般的なFM-CW(Frequency Modulation Continuous Wave)レーダの原理に基づいて算出する。すなわち、式(7)(8)によりピーク周波数{ f_{u1} 、 f_{d1} }から第1ペアの距離 $R1$ 及び相対速度 $V1$ を算出する。

20

【 0 0 3 5 】

図4の例では、第1ペア{ f_{u1_a} 、 f_{d1_a} }から距離 $R1_a$ 及び相対速度 $V1_a$ 、第1ペア{ f_{u1_a} 、 f_{d1_b} }から距離 $R1_ab$ 及び相対速度 $V1_ab$ 、第1ペア{ f_{u1_b} 、 f_{d1_a} }から距離 $R1_ba$ 及び相対速度 $V1_ba$ 、第1ペア{ f_{u1_b} 、 f_{d1_b} }から距離 $R1_bb$ 及び相対速度 $V1_bb$ が算出される。

また、第1ペア距離・相対速度算出部11は、ステップS103において、算出された第1ペアの個数 $N1$ をカウントして記憶する。図4の例では、第1ペアの個数は、「4」である。

【 0 0 3 6 】

同様に、ステップS104は、第2ペア距離・相対速度算出部12により、ステップS101で得られた上昇区間2と下降区間2(繰返し周波数 f_{m2} と変調幅 $F2$ と中心周波数 f_{0_2})のピーク周波数{ f_{u2} 、 f_{d2} }から、第2ペアを生成し、第2ペアの距離 $R2$ 及び相対速度 $V2$ を、一般的なFM-CWレーダの原理に基づいて算出する。すなわち、式(7)(8)によりピーク周波数{ f_{u2} 、 f_{d2} }から第2ペアの距離 $R2$ 及び相対速度 $V2$ を算出する。

30

【 0 0 3 7 】

図4の例では、第2ペア{ f_{u2_b} 、 f_{d2_a} }から距離 $R2_ba$ 及び相対速度 $V2_ba$ 、第2ペア{ f_{u2_b} 、 f_{d2_b} }から距離 $R2_bb$ 及び相対速度 $V2_bb$ が算出される。

40

また、第2ペア距離・相対速度算出部12は、ステップS105において、第2ペアで算出された距離 $R2$ 及び相対速度 $V2$ の個数 $N2$ をカウントして記憶する。図4の例では、第2ペアの個数は、上昇区間2でターゲット40に基づいたピーク周波数 f_{u2_a} が抽出されていないため「2」である。

【 0 0 3 8 】

次に、ステップS106は、第1ペアピーク周波数推定部13により、第2ペア距離・相対速度算出部12によって算出された第2ペアの距離 $R2$ 及び相対速度 $V2$ から第1ペアのピーク周波数を推定する。すなわち、式(11)(12)により、距離 $R2$ 及び相対速度 $V2$ から上昇区間1と下降区間1(繰返し周波数 f_{m1} と変調幅 $F1$ と中心周波数 f_{0_1})のピーク周波数{ f_{u1} 、 f_{d1} }を推定する。

50

【 0 0 3 9 】

図4の例では、ステップS104で算出された第2ペアの距離 $R_{2_b_a}$ 及び相対速度 $V_{2_b_a}$ からピーク周波数 $\{f_{u1_c}, f_{d1_c}\}$ (誤ペアリングのためピークは無い)、ステップS104で算出された距離 $R_{2_b_b}$ 及び相対速度 $V_{2_b_b}$ からピーク周波数 $\{f_{u1_b}, f_{d1_b}\}$ (誤ペアリングではないためピークが存在)が推定される。

【 0 0 4 0 】

次に、ステップS107は、第1ペア距離・相対速度推定部14により、第1ペアピーク周波数推定部13で推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ の一方がピーク周波数として抽出されており、 $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ のもう一方がピーク周波数として抽出されず、所定範囲(たとえば0付近とする)であるか判定する。推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ の一方がピーク周波数として抽出されており、 $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ のもう一方がピーク周波数として抽出されず、0付近の場合、ステップS108へ、その他の場合はステップS109へ進む。

【 0 0 4 1 】

ステップS108では、第1ペア距離・相対速度推定部14により、推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ より第1ペアを生成し、第1ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 を推定算出する。すなわち、推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ より、式(7)(8)に基づいて第1ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 を算出する。

【 0 0 4 2 】

ステップS109では、ステップS105でカウントした第2ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 の個数 N_2 分(図4の例では「2」個分)の計算が終了したか否かを判定し、計算が終了していない(すなわち、NO)と判定されれば、ステップS106に戻って、ステップS106～ステップS108の処理を繰り返し実行する。

【 0 0 4 3 】

図4の例では、ステップS106で推定したピーク周波数 $\{f_{u1_c}, f_{d1_c}\}$ は、何れもピーク周波数として抽出されていないため、第1ペアが生成されない。

また、ステップS106で推定したピーク周波数 $\{f_{u1_b}, f_{d1_b}\}$ は、何れもピーク周波数として抽出されているため、第1ペアが生成されない。したがって、ステップS108では、第2ペアからは第1ペアにおける距離 R_1 及び相対速度 V_1 は算出推定されない。

【 0 0 4 4 】

次に、図3BのステップS110は、第2ペアピーク周波数推定部15により、第1ペア距離・相対速度算出部11によって算出された第1ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 から第2ペアのピーク周波数を推定する。すなわち、式(11)(12)により、距離 R_1 及び相対速度 V_1 から上昇区間2と下降区間2(繰返し周波数 f_{m2} と変調幅 F_2 と中心周波数 f_{0_1})のピーク周波数 $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ を算出する。

【 0 0 4 5 】

図4の例では、ステップS102で算出された距離 $R_{1_a_a}$ 及び相対速度 $V_{1_a_a}$ からピーク周波数 $\{f_{u2_a}, f_{d2_a}\}$ (誤ペアリングではないためピークが存在)、距離 $R_{1_a_b}$ 及び相対速度 $V_{1_a_b}$ からピーク周波数 $\{f_{u2_d}, f_{d2_d}\}$ (誤ペアリングのためピークは無い)、距離 $R_{1_b_a}$ 及び相対速度 $V_{1_b_a}$ からピーク周波数 $\{f_{d2_e}, f_{u2_e}\}$ (誤ペアリングのためピークは無い)、距離 $R_{1_b_b}$ 及び相対速度 $V_{1_b_b}$ からピーク周波数 $\{f_{u2_b}, f_{d2_b}\}$ (誤ペアリングではないためピークが存在)が推定される。

【 0 0 4 6 】

次に、ステップS111は、第2ペア距離・相対速度推定部16により、推定したピーク周波数の $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ の一方がピーク周波数として抽出されており、 $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ のもう一方がピーク周波数として抽出されず、所定範囲(たとえば0付近とする)であるか判定する。

10

20

30

40

50

推定したピーク周波数の $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ の一方がピーク周波数として抽出されており、 $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ のもう一方がピーク周波数として抽出されず、0 付近の場合ステップ S 1 1 2 へ、その他の場合はステップ S 1 1 3 へ進む。

【0047】

ステップ S 1 1 2 では、推定したピーク周波数の $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ より第 2 ペアを生成し、距離 R_2 及び相対速度 V_2 を算出する。すなわち、式 (7) (8) によりピーク周波数の $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ から第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 を算出する。

ステップ S 1 1 3 では、ステップ S 1 0 3 でカウントした第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 の個数 N 分 (図 4 の例では「4」個分) の計算が終了したか否かを判定し、計算が終了していない (すなわち、NO) と判定されれば、ステップ S 1 1 0 に戻って、ステップ S 1 1 0 ~ ステップ S 1 1 2 の処理を繰り返し実行する。

10

【0048】

図 4 の例では、ステップ S 1 1 0 で推定したピーク周波数 $\{f_{u2_d}, f_{d2_d}\}$ とピーク周波数 $\{f_{d2_e}, f_{u2_e}\}$ は、何れもピーク周波数として抽出されていないため、第 2 ペアが生成されない。また、ステップ S 1 1 0 で推定したピーク周波数 $\{f_{u2_b}, f_{d2_b}\}$ は、何れもピーク周波数として抽出されているため、第 2 ペアが生成されない。

また、ステップ S 1 1 0 で推定したピーク周波数 $\{f_{u2_a}, f_{d2_a}\}$ は、 f_{d2_a} がピーク周波数として抽出されており、 f_{u2_a} がピークとして抽出されず、0 付近であるため、第 2 ペアが生成され、ステップ S 1 1 0 で推定されたピーク周波数 $\{f_{u2_a}, f_{d2_a}\}$ から、式 (7) (8) により距離 R_{2_a} 及び相対速度 V_{2_a} が算出される。

20

【0049】

最後に、ステップ S 1 1 4 は、ターゲット確定部 1 7 により、第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 と第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 が夫々ほぼ等しい組み合わせを、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R 及び相対速度 V として確定させ、ターゲット情報として、図示しない外部装置に出力する。

なお、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R は、第 1 ペアの距離 R_1 と第 2 ペアの距離 R_2 の平均、相対速度 V は、第 1 ペアの相対速度 V_1 と第 2 ペアの相対速度 V_2 の平均としてもよいし、第 1 ペア及び第 2 ペア何れかの距離及び相対速度としてもよい。

30

【0050】

図 4 の例では、第 1 ペア距離・相対速度算出部 1 1 から、第 1 ペアの距離 R_{1_a} 及び相対速度 V_{1_a} 、距離 R_{1_b} 及び相対速度 V_{1_b} 、距離 R_{1_c} 及び相対速度 V_{1_c} および距離 R_{1_d} 及び相対速度 V_{1_d} が算出され、第 1 ペア距離・相対速度推定部 1 4 からは第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 は算出されていない。また、第 2 ペア距離・相対速度算出部 1 2 から、第 2 ペアの距離 R_{2_a} 及び相対速度 V_{2_a} と距離 R_{2_b} 及び相対速度 V_{2_b} が算出され、第 2 ペア距離・相対速度推定部 1 6 からは第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 が算出されている。

【0051】

したがって、ターゲット確定部 1 7 は、第 1 ペアの距離 R_{1_a} 及び相対速度 V_{1_a} と第 2 ペアの距離 R_{2_a} 及び相対速度 V_{2_a} 、第 1 ペアの距離 R_{1_b} 及び相対速度 V_{1_b} と第 2 ペアの距離 R_{2_b} 及び相対速度 V_{2_b} がほぼ等しいため、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R 及び相対速度 V として確定する。

40

また、第 1 ペアの距離 R_{1_a} 及び相対速度 V_{1_a} と第 1 ペアの距離 R_{1_b} 及び相対速度 V_{1_b} と第 2 ペアの距離 R_{2_b} 及び相対速度 V_{2_b} は、距離及び相対速度の等しいペアがないため、誤ペアリングとして除外される。

【0052】

以上のように、この発明の実施の形態 1 によれば、ターゲット検出部 1 は、ある変調区間ペアの距離及び相対速度から、別の変調区間ペアのピーク周波数を推定し、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方が

50

ピークとして抽出されず、0付近である場合に、ペアを生成し、距離及び相対速度を算出したため、送受信機やA/D変換器にて発生するノイズ、ばらつきや温度特性によるオフセット電圧、送受信アンテナ間の結合、レドーム等による至近距離からの反射信号が受信信号に重畳され、ピーク周波数が0付近で抽出されない場合においても、誤ペアリングが無くターゲットの距離及び相対速度を正しく算出できる。

【0053】

実施の形態2.

次に、この発明の実施の形態2に係るレーダ装置を図5および図6に基づいて説明する。図5A・図5Bはターゲット検出部の動作を示すフローチャート、図6は変調区間毎における複素スペクトラムの振幅を表す図である。

実施の形態1では、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、0付近である場合にペアを生成し、距離及び相対速度を算出していたが、実施の形態2の発明は、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットが存在する周波数範囲の場合にペアを生成し、距離及び相対速度を算出するようにしたものである。それ以外の実施の形態2の構成は、実施の形態1で説明した図1に示すブロック図および図2に示す送信信号波形図と同じ構成であるので、詳しい説明は省略する。

【0054】

以下、図5A・図5B～図6を参照しながら、図1に示したターゲット検出部1の動作について具体的に説明する。

図5A・図5Bに示すターゲット検出部1の動作手順を示すフローチャートにおいては、図3のフローチャートと処理が一部共通する。このため、同様の処理に関しては、その説明を簡略する。図6は図5A内のステップS201の処理を示す説明図であり、入力されたビート周波数スペクトラムの振幅を示している。

【0055】

図6において、(a)は上昇区間1のビート周波数スペクトルの振幅を示し、(b)は下降区間1のビート周波数スペクトルの振幅を示し、(c)は上昇区間2のビート周波数スペクトルの振幅を示し、(d)は下降区間2のビート周波数スペクトルの振幅を示しており、それぞれ、横軸はビート周波数、縦軸は振幅である。

また、ピークとなったピーク周波数は、上昇区間1については「 f_{u1_a} 、 f_{u1_b} 」で示され、下降区間1については「 f_{d1_b} 」で示され、上昇区間2については「 f_{u2_a} 、 f_{u2_b} 」で示され、下降区間2については「 f_{d2_a} 、 f_{d2_b} 」で示されている。

なお、ターゲット40に基づくピーク周波数は、添字aが付いた「 f_{u1_a} 」「 f_{u2_a} 」「 f_{d2_a} 」(下降区間1はピーク周波数が抽出されず)で示され、ターゲット41に基づくピーク周波数は、添字bが付いた「 f_{u1_b} 」「 f_{d1_b} 」「 f_{u2_b} 」「 f_{d2_b} 」で示されている。

【0056】

図5Aにおいて、ステップS201～S206は、実施の形態1のステップS101～S106と同じである。

まずステップS201は、ピーク検出部10によりビート周波数スペクトラムの振幅に対して、ピーク周波数を検出する。具体的には、図6に示すように、ビート周波数スペクトラムの振幅に対して、検出閾値を設け、検出閾値以上かつ前後のビート周波数の振幅より大きい振幅をピークと判定する。

図6の例では下降区間1のターゲットaでピーク周波数「 f_{d1_a} 」が抽出されていない。

【0057】

ステップS202は、第1ペア距離・相対速度算出部11により、ステップS101で得られた上昇区間1と下降区間1(繰返し周波数 f_{m1} と変調幅 $F1$ と中心周波数 f_0

10

20

30

40

50

1) のピーク周波数 $\{f{u1}, f_{d1}\}$ から、第 1 ペアを生成し、第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 を、一般的な FM - CW レーダの原理に基づいて、式 (7) (8) により算出する。

図 6 の例では、第 1 ペア $\{f_{u1_a}, f_{d1_b}\}$ から距離 R_{1_ab} 及び相対速度 V_{1_ab} 、第 1 ペア $\{f_{u1_b}, f_{d1_b}\}$ から距離 R_{1_bb} 及び相対速度 V_{1_bb} が算出される。

また、第 1 ペア距離・相対速度算出部 11 は、ステップ S203 において、算出された第 1 ペアの個数 N_1 をカウントして記憶する。図 6 の例では、第 1 ペアの個数は、「2」である。

【0058】

10

同様に、ステップ S204 は、第 2 ペア距離・相対速度算出部 12 により、ステップ S201 で得られた上昇区間 2 と下降区間 2 (繰返し周波数 f_{m2} と変調幅 F_2 と中心周波数 f_{0_2}) のピーク周波数 $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ から、第 2 ペアを生成し、第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 を、一般的な FM - CW レーダの原理に基づいて、式 (7) (8) により算出する。

【0059】

図 6 の例では、第 2 ペア $\{f_{u2_a}, f_{d2_a}\}$ から距離 R_{2_aa} 及び相対速度 V_{2_aa} 、第 2 ペア $\{f_{u2_a}, f_{d2_b}\}$ から距離 R_{2_ab} 及び相対速度 V_{2_ab} 、第 2 ペア $\{f_{u2_b}, f_{d2_a}\}$ から距離 R_{2_ba} 及び相対速度 V_{2_ba} 、第 2 ペア $\{f_{u2_b}, f_{d2_b}\}$ から距離 R_{2_bb} 及び相対速度 V_{2_bb} が算出される。

20

また、第 2 ペア距離・相対速度算出部 12 は、ステップ S205 において、算出された第 2 ペアの個数 N_2 をカウントして記憶する。図 6 の例では、第 2 ペアの個数は、「4」である。

【0060】

次に、ステップ S206 は、第 1 ペアピーク周波数推定部 13 により、第 2 ペア距離・相対速度算出部 12 によって算出された第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 から第 1 ペアのピーク周波数を推定する。すなわち、式 (11) (12) により、距離 R_2 及び相対速度 V_2 から上昇区間 1 と下降区間 1 (繰返し周波数 f_{m1} と変調幅 F_1 と中心周波数 f_{0_1}) のピーク周波数 $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ を推定する。

【0061】

30

図 6 の例では、ステップ S204 で算出された第 2 ペアの距離 R_{2_ab} 及び相対速度 V_{2_ab} からピーク周波数 $\{f_{u1_c}, f_{d1_c}\}$ (誤ペアリングのためピークは無い)、距離 R_{2_ba} 及び相対速度 V_{2_ba} からピーク周波数 $\{f_{u1_d}, f_{d1_d}\}$ (誤ペアリングのためピークは無い)、距離 R_{2_bb} 及び相対速度 V_{2_bb} からピーク周波数 $\{f_{u1_b}, f_{d1_b}\}$ (誤ペアリングではないためピークが存在)、距離 R_{2_aa} 及び相対速度 V_{2_aa} からピーク周波数 $\{f_{u1_a}, f_{d1_a}\}$ (誤ペアリングではないためピークが存在) が推定される。

【0062】

ステップ S207 は、上昇区間 1 / 下降区間 1 の停止物ターゲットが存在する周波数範囲を算出する。停止物ターゲットが存在する周波数範囲は、レーダ方式が FM - パルスドップラー方式の場合、レンジゲート毎に自車速、レンジゲート幅から算出することができる。またレーダ方式が FM - CW 方式の場合、自車速、レーダの最大検出距離と最小検出距離から算出することができるが、算出した停止物ターゲットが存在する周波数範囲が、周波数解析で対象とする周波数範囲全てとなってしまう可能性があり、この場合は周波数範囲を限定できない場合がある。したがって、レーダ方式が FM - CW 方式の場合、停止物ターゲットが存在する周波数範囲は、設計者が実験値・想定値等により予め設定した所定周波数範囲とすることが望ましい。

40

図 6 の例では、停止物ターゲットが存在する周波数範囲は、「 」で示されている。

【0063】

次に、ステップ S208 は、第 1 ペア距離・相対速度推定部 14 により、第 1 ペアピー

50

ク周波数推定部 13 で推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ の一方がピーク周波数として抽出されており、 $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ のもう一方がピーク周波数として抽出されず、所定範囲（たとえば停止物ターゲットが存在する周波数範囲）であるか判定する。

推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ の一方がピーク周波数として抽出されており、 $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ のもう一方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットが存在する周波数範囲の場合ステップ S209 へ、その他の場合はステップ S210 へ進む。

【0064】

ステップ S209 とステップ S210 は、実施の形態 1 のステップ S108 とステップ S109 と同じである。即ち、ステップ S209 では、第 1 ペア距離・相対速度推定部 14 により、推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ より第 1 ペアを生成し、第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 を推定算出する。すなわち、推定したピーク周波数の $\{f_{u1}, f_{d1}\}$ より、式 (7) (8) に基づいて第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 を算出する。

ステップ S210 では、ステップ S205 でカウントした第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 の個数 N_2 分（図 6 の例では「4」個分）の計算が終了したか否かを判定し、計算が終了していない（すなわち、NO）と判定されれば、ステップ S206 に戻って、ステップ S206 ~ ステップ S209 の処理を繰り返し実行する。

【0065】

図 6 の例では、ピーク周波数 $\{f_{u1_c}, f_{d1_c}\}$ とピーク周波数 $\{f_{d1_d}, f_{u1_d}\}$ は、何れもピーク周波数として抽出されていないため、第 1 ペアが生成されない。

また、ピーク周波数 $\{f_{u1_b}, f_{d1_b}\}$ は、何れもピーク周波数として抽出されているため、第 2 ペアが生成されない。

また、ピーク周波数 $\{f_{u1_a}, f_{d1_a}\}$ は、 f_{u1_a} がピーク周波数として抽出されており、 f_{d1_a} がピークとして抽出されず、停止物ターゲットが存在する周波数範囲であるため、第 1 ペアが生成され、推定したピーク周波数 $\{f_{u1_a}, f_{d1_a}\}$ から式 (7) (8) により距離 R_{1_a} 及び相対速度 V_{1_a} が算出される。

【0066】

次に、図 5 B のステップ S211 は、実施の形態 1 のステップ S110 と同じであり、ステップ S211 は、第 2 ペアピーク周波数推定部 15 により、第 1 ペア距離・相対速度算出部 11 によって算出された第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 から第 2 ペアのピーク周波数を推定する。すなわち、式 (11) (12) により、距離 R_1 及び相対速度 V_1 から上昇区間 2 と下降区間 2（繰返し周波数 f_{m2} と変調幅 F_2 と中心周波数 f_{0_1} ）のピーク周波数 $\{f_{u2}, f_{d2}\}$ を算出する。

【0067】

図 6 の例では、距離 R_{1_ba} 及び相対速度 V_{1_ba} からピーク周波数 $\{f_{u2_e}, f_{d2_e}\}$ （誤ペアリングのためピークは無い）、距離 R_{1_bb} 及び相対速度 V_{1_bb} からピーク周波数 $\{f_{u2_b}, f_{d2_b}\}$ （誤ペアリングではないためピークが存在）が推定される。

【0068】

ステップ S212 は、上昇区間 2 / 下降区間 2 の停止物ターゲットが存在する周波数範囲を算出する。停止物ターゲットが存在する周波数範囲の算出の仕方はステップ S207 と同様であり、レーダ方式が FM - パルスドップラー方式の場合、レンジゲート毎に自車速、レンジゲート幅から算出することができる。

図 6 の例では、停止物ターゲットが存在する周波数範囲は、「」で示されている。

【0069】

次に、ステップ S213 は、ステップ S211 で推定したピーク周波数の f_{u2} と f_{d2} の一方がピーク周波数として抽出されており、 f_{u2} と f_{d2} のもう一方がピークとして抽出されず、所定範囲（たとえば停止物ターゲットが存在する周波数範囲）であるか判

10

20

30

40

50

定する。

推定したピーク周波数の f_{u2} と f_{d2} の一方がピーク周波数として抽出されており、 f_{u2} と f_{d2} のもう一方がピークとして抽出されず、停止物ターゲットが存在する周波数範囲の場合ステップ S 2 1 4 へ、その他の場合はステップ S 2 1 5 へ進む。

【 0 0 7 0 】

ステップ S 2 1 4 ~ S 2 1 5 は、実施の形態 1 のステップ S 1 1 2 ~ S 1 1 3 と同じである。即ち、ステップ S 2 1 4 では、推定したピーク周波数の $\{ f_{u2}, f_{d2} \}$ より第 2 ペアを生成し、距離 R_2 及び相対速度 V_2 を算出する。すなわち、式 (7) (8) によりピーク周波数の $\{ f_{u2}, f_{d2} \}$ から第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 を算出する。

10

ステップ S 2 1 5 では、ステップ S 2 0 3 でカウントした第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 の個数 N_1 分 (図 6 の例では「 2 」個分) の計算が終了したか否かを判定し、計算が終了していない (すなわち、NO) と判定されれば、ステップ S 2 1 1 に戻って、ステップ S 2 1 1 ~ ステップ S 2 1 4 の処理を繰り返し実行する。

【 0 0 7 1 】

図 6 の例では、ピーク周波数 $\{ f_{u2_e}, f_{d2_e} \}$ は、何れもピーク周波数として抽出されていないため、第 2 ペアが生成されない。

また、ピーク周波数 $\{ f_{u2_b}, f_{d2_b} \}$ は、何れもピーク周波数として抽出されているため、第 2 ペアが生成されない。したがって、ステップ S 2 1 4 では、第 1 ペアからは第 2 ペアにおける距離 R_2 及び相対速度 V_2 は算出推定されない。

20

【 0 0 7 2 】

最後に、ステップ S 2 1 6 は実施の形態 1 のステップ S 1 1 4 と同じで、ターゲット確定部 1 7 により、第 1 ペアの距離 R_1 及び相対速度 V_1 と第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 が夫々ほぼ等しい組み合わせを、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R 及び相対速度 V として確定させ、ターゲット情報として、図示しない外部装置に出力する。

なお、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R は、実施の形態 1 と同様に、第 1 ペアの距離 R_1 と第 2 ペアの距離 R_2 の平均、相対速度 V は、第 1 ペアの相対速度 V_1 と第 2 ペアの相対速度 V_2 の平均としてもよいし、第 1 ペア及び第 2 ペア何れかの距離及び相対速度としてもよい。

【 0 0 7 3 】

30

図 6 の例では、第 1 ペア距離・相対速度算出部 1 1 から、第 1 ペアの距離 $R_{1_a_b}$ 及び相対速度 $V_{1_a_b}$ と距離 $R_{1_b_b}$ 及び相対速度 $V_{1_b_b}$ が算出され、第 1 ペア距離・相対速度推定部 1 4 からは第 1 ペアの距離 $R_{1_a_a}$ 及び相対速度 $V_{1_a_a}$ が算出されている。また、第 2 ペア距離・相対速度算出部 1 2 から、距離 $R_{2_a_a}$ 及び相対速度 $V_{2_a_a}$ 、距離 $R_{2_a_b}$ 及び相対速度 $V_{2_a_b}$ 、距離 $R_{2_b_a}$ 及び相対速度 $V_{2_b_a}$ および距離 $R_{2_b_b}$ 及び相対速度 $V_{2_b_b}$ が算出され、第 2 ペア距離・相対速度推定部 1 6 からは第 2 ペアの距離 R_2 及び相対速度 V_2 は算出されていない。

【 0 0 7 4 】

したがって、ターゲット確定部 1 7 は、第 1 ペアの距離 $R_{1_a_a}$ 及び相対速度 $V_{1_a_a}$ と第 2 ペアの距離 $R_{2_a_a}$ 及び相対速度 $V_{2_a_a}$ 、第 1 ペアの距離 $R_{1_b_b}$ 及び相対速度 $V_{1_b_b}$ と第 2 ペアの距離 $R_{2_b_b}$ 及び相対速度 $V_{2_b_b}$ がほぼ等しいため、ターゲット 4 0、4 1 の距離 R 及び相対速度 V として確定する。

40

また、第 1 ペアの距離 $R_{1_a_b}$ 及び相対速度 $V_{1_a_b}$ と第 2 ペアの距離 $R_{2_a_b}$ 及び相対速度 $V_{2_a_b}$ と第 2 ペアの距離 $R_{2_b_a}$ 及び相対速度 $V_{2_b_a}$ は、距離及び相対速度の等しいペアがないため、誤ペアリングとして除外される。

【 0 0 7 5 】

以上のように、この発明の実施の形態 2 によれば、ターゲット検出部 1 は、ある変調区間ペアの距離及び相対速度から、別の変調区間ペアのピーク周波数を推定し、推定したピーク周波数の一方がピーク周波数として抽出されており、推定したピーク周波数の他方がピーク周波数として抽出されず、停止物ターゲットが存在する周波数範囲である場合に、

50

ペアを生成し、距離及び相対速度を算出したため、停止物ターゲットからの反射信号が受信信号に重畳され、ピーク周波数が抽出されない場合においても、誤ペアリングが無くターゲットの距離及び相対速度を正しく算出できる。

【0076】

なお、ターゲット40、41の距離R及び相対速度Vを検出する方式として、FM-CW方式を用いた場合を例示したが、送信信号をパルス状に区切って変調したFM-パルスドップラー方式レーダ装置や、その他のレーダ方式レーダ装置にもこの発明を適用することができる。

【0077】

また、4つの変調区間として、三角状の上昇区間1/下降区間1/上昇区間2/下降区間2(上昇区間1/下降区間1と上昇区間2/下降区間2は繰返し周波数と変調幅と中心周波数が異なる)を用いた場合を例示したが、区間毎に上昇または下降、繰返し周波数fmまたは変調幅Fまたは中心周波数f0が異なる場合にも、この発明を適用することが出来る。

10

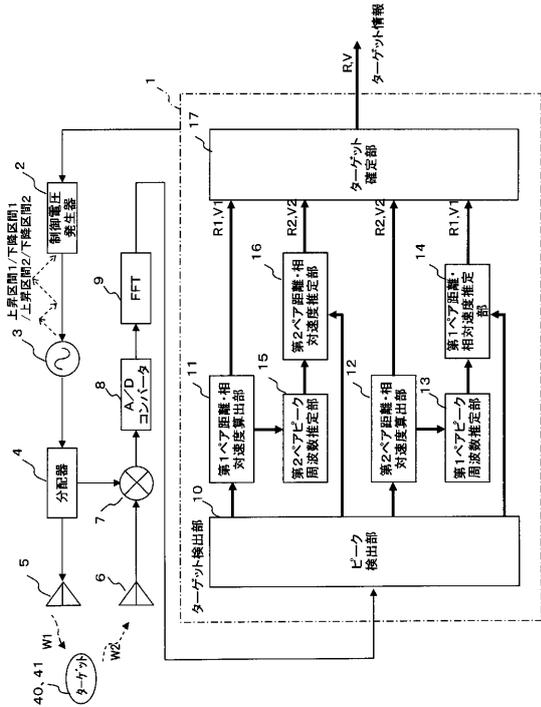
【符号の説明】

【0078】

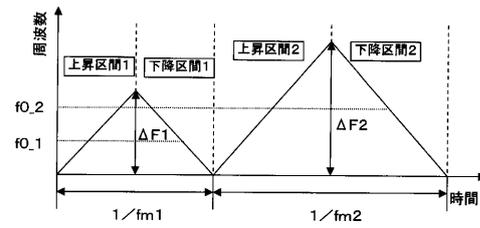
- | | | | |
|----|-----------------|-------|-----------------|
| 1 | ターゲット検出部、 | 2 | 制御電圧発生器、 |
| 3 | VCO、 | 4 | 分配器、 |
| 5 | 送信アンテナ、 | 6 | 受信アンテナ、 |
| 7 | ミキサ、 | 8 | A/Dコンバータ、 |
| 9 | FFT、 | 10 | ピーク検出部、 |
| 11 | 第1ペア距離・相対速度算出部、 | 12 | 第2ペア距離・相対速度算出部、 |
| 13 | 第1ペアピーク周波数推定部、 | 14 | 第1ペア距離・相対速度算出部、 |
| 15 | 第2ペアピーク周波数推定部、 | 16 | 第2ペア距離・相対速度算出部、 |
| 17 | ターゲット確定部、 | 40、41 | ターゲット、 |
| W1 | 送信信号、 | W2 | 反射信号。 |

20

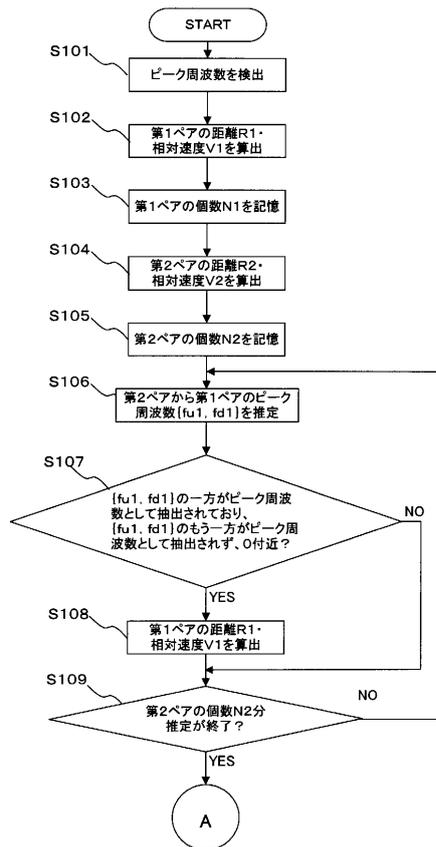
【図1】



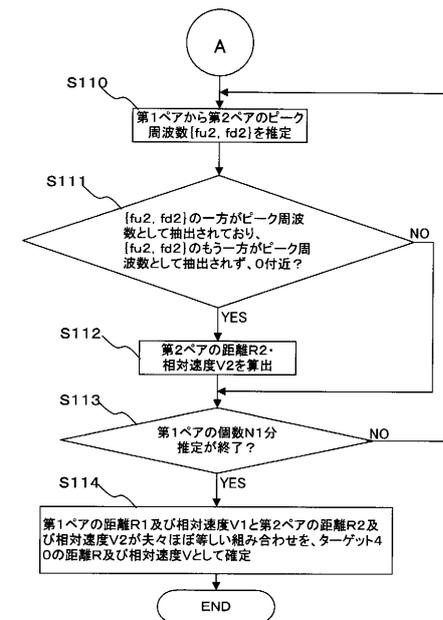
【図2】



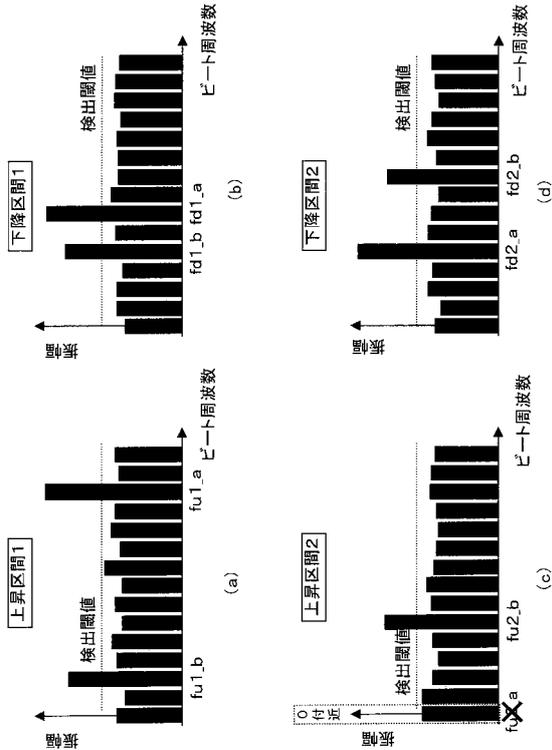
【図3A】



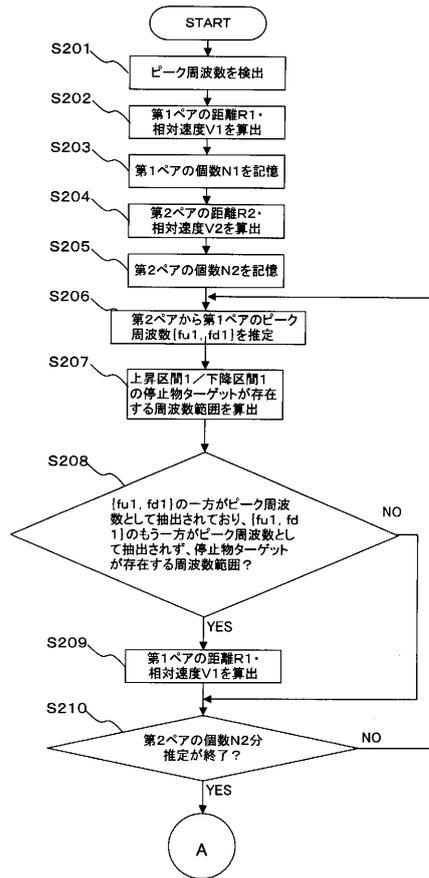
【図3B】



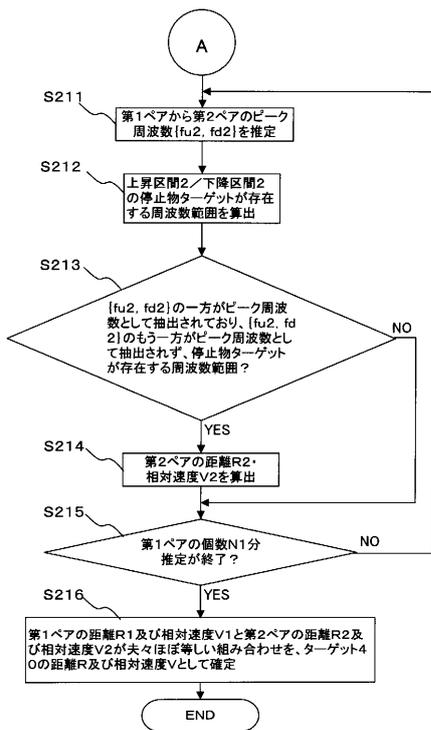
【図4】



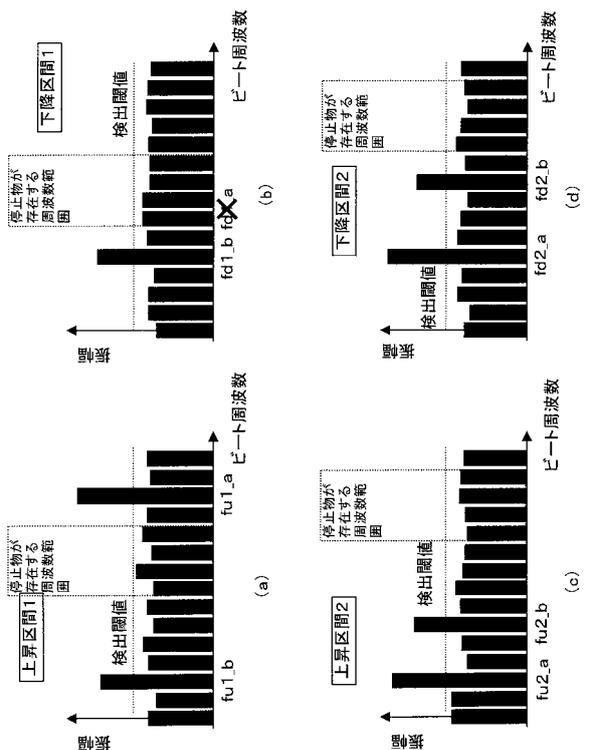
【図5A】



【図5B】



【図6】



フロントページの続き

審査官 中村 説志

(56)参考文献 特開2004-205279(JP,A)
特開平10-020025(JP,A)
特開2004-085452(JP,A)
特開平11-271429(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01S 7/00 - 7/42
G01S13/00 - 13/95