

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4278507号  
(P4278507)

(45) 発行日 平成21年6月17日(2009.6.17)

(24) 登録日 平成21年3月19日(2009.3.19)

(51) Int.Cl.

F I

GO 1 S 13/34 (2006.01)

GO 1 S 13/34

請求項の数 2 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2003-435084 (P2003-435084)	(73) 特許権者	000237592
(22) 出願日	平成15年12月26日(2003.12.26)		富士通テン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-195344 (P2005-195344A)		兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号
(43) 公開日	平成17年7月21日(2005.7.21)	(74) 代理人	100099759
審査請求日	平成17年3月29日(2005.3.29)		弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100092624
			弁理士 鶴田 準一
		(74) 代理人	100102819
			弁理士 島田 哲郎
		(74) 代理人	100108383
			弁理士 下道 晶久
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 FM-CWレーダ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体との第1の相対距離 ( $r_a$ ) と第1の相対速度 ( $v_a$ ) を算出する第1の算出手段と、

前記物体との第1の相対距離 ( $r_a$ ) が、直線 (1)  $r = a v$ 、(2)  $r = -a v + r_x$ 、(3)  $r = -a v$ 、(4)  $r = a v + r_x$  により形成された菱形の直線 (1) と (2) の交点と、直線 (3) と (4) の交点を結んだ線が  $r$  軸と交わる位置の値 ( $r_0$ ) 以下である場合 ( $r_x$  は相対速度が0の場合で折り返しが発生しない距離限界) は、前記物体のペアリングの対象となる上昇時または下降時のピーク周波数のうち低い方のピーク周波数を、第1の所定の値 (周波数0) を基準として検出帯域内から検出帯域外に折り返し、  
また前記物体との第1の相対距離 ( $r_a$ ) が前記所定の値 ( $r_0$ ) を上回った場合は、上昇時または下降時のピーク周波数のうち高い方のピーク周波数を第2の所定の値 (検出帯域の上限周波数  $f_x$ ) を基準として検出帯域内から検出帯域外に折り返して物体との第2の相対距離 ( $r_b$ ) と第2の相対速度 ( $v_b$ ) を算出する第2の算出手段と、

前記第2の相対速度 ( $v_b$ ) が物体の検出を必要とする相対速度の領域内であるか否か ( $-v_{02} < v_b < v_{01}$ ) を判断する第1の判断手段と、

前記第2の相対距離 ( $r_b$ ) がピーク周波数の折り返しの発生する領域内 (B2、B4)、または折り返されたピーク周波数が発生する可能性のある領域内 (B1、B3) であるか否かを判断する第2の判断手段と、

前記第2の相対速度 ( $v_b$ ) が物体の検出を必要とする相対速度の領域内 ( $-v_{02}$

$v_b$   $v_{01}$ ) であり、かつ前記第 2 の相対距離 ( $r_b$ ) がピーク周波数の折り返しの発生する領域内 (B 2、B 4)、または折り返されたピーク周波数が発生する可能性のある領域内 (B 1、B 3) である場合に、前記第 1 及び第 2 の相対距離 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) について前回求めた距離と今回求めた距離との瞬間誤差 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) を以下の式により求め、

$$\begin{aligned} r_a &= \{ (v_{ai} + v_{ai-1}) / 2 \} t - (r_{ai} - r_{ai-1}) \\ r_b &= \{ (v_{bi} + v_{bi-1}) / 2 \} t - (r_{bi} - r_{bi-1}) \end{aligned}$$

前記第 1 の相対距離の瞬間誤差 ( $r_a$ ) が前記第 2 の相対距離の瞬間誤差 ( $r_b$ ) よりも大きい場合で、かつ前記第 1 の相対距離の瞬間誤差の積算値 ( $r_a$ ) が前記第 2 の相対距離の瞬間誤差の積算値 ( $r_b$ ) よりも大きい場合に、前記第 2 の相対距離 ( $r_b$ ) 及び前記第 2 の相対速度 ( $v_b$ ) の組み合わせを物体の相対距離及び相対速度の組み合わせとして採用する採用手段と、  
を有することを特徴とする FM - CW レーダ装置。

【請求項 2】

物体との第 1 の相対距離 ( $r_a$ ) と第 1 の相対速度 ( $v_a$ ) を算出する第 1 の算出手段と、

前記物体との第 1 の相対距離 ( $r_a$ ) が、直線 (1)  $r = av$ 、(2)  $r = -av + r_x$ 、(3)  $r = -av$ 、(4)  $r = av + r_x$  により形成された菱形の直線 (1) と (2) の交点と、直線 (3) と (4) の交点を結んだ線が  $r$  軸と交わる位置の値 ( $r_0$ ) 以下である場合 ( $r_x$  は相対速度が 0 の場合で折り返しが発生しない距離限界) は、前記物体のペアリングの対象となる上昇時または下降時のピーク周波数のうち低い方のピーク周波数を、第 1 の所定の値 (周波数 0) を基準として検出帯域内から検出帯域外に折り返し、また前記物体との第 1 の相対距離 ( $r_a$ ) が前記所定の値 ( $r_0$ ) を上回った場合は、上昇時または下降時のピーク周波数のうち高い方のピーク周波数を第 2 の所定の値 (検出帯域の上限周波数  $f_x$ ) を基準として検出帯域内から検出帯域外に折り返して物体との第 2 の相対距離 ( $r_b$ ) と第 2 の相対速度 ( $v_b$ ) を算出する第 2 の算出手段と、

前記第 2 の相対速度 ( $v_b$ ) が物体の検出を必要とする相対速度の領域内であるか否か ( $-v_{02}$   $v_b$   $v_{01}$ ) を判断する第 1 の判断手段と、

前記第 2 の相対距離 ( $r_b$ ) がピーク周波数の折り返しの発生する領域内 (B 2、B 4)、または折り返されたピーク周波数が発生する可能性のある領域内 (B 1、B 3) であるか否かを判断する第 2 の判断手段と、

前記第 2 の相対速度 ( $v_b$ ) が物体の検出を必要とする相対速度の領域内 ( $-v_{02}$   $v_b$   $v_{01}$ ) であり、かつ前記第 2 の相対距離 ( $r_b$ ) がピーク周波数の折り返しの発生する領域内 (B 2、B 4)、または折り返されたピーク周波数が発生する可能性のある領域内 (B 1、B 3) である場合に、前記第 1 及び第 2 の相対距離 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) について前回求めた距離と今回求めた距離との瞬間誤差 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) を以下の式により求め、

$$\begin{aligned} r_a &= \{ (v_{ai} + v_{ai-1}) / 2 \} t - (r_{ai} - r_{ai-1}) \\ r_b &= \{ (v_{bi} + v_{bi-1}) / 2 \} t - (r_{bi} - r_{bi-1}) \end{aligned}$$

前記第 1 の相対距離の瞬間誤差 ( $r_a$ ) が前記第 2 の相対距離の瞬間誤差 ( $r_b$ ) 以下の場合で、かつ前記第 1 の相対距離の瞬間誤差の積算値 ( $r_a$ ) が前記第 2 の相対距離の瞬間誤差の積算値 ( $r_b$ ) 以下の場合に、前記第 1 の相対距離 ( $r_a$ ) 及び前記第 1 の相対速度 ( $v_a$ ) の組み合わせを物体の相対距離及び相対速度の組み合わせとして採用する採用手段と、  
を有することを特徴とする FM - CW レーダ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、FM - CW レーダ装置に関し、特に上昇時又は下降時のピーク周波数が検出帯域を超え、折り返しピーク周波数が発生した場合でも、正確にペアリングすることがで

10

20

30

40

50

きるFM-CWレーダ装置に関する。

【背景技術】

【0002】

FM-CWレーダは、例えば三角波形状の周波数変調された連続の送信波を出力してターゲットである前方の車両との距離を求めている。即ち、レーダからの送信波が前方の車両で反射され、反射波の受信信号と送信信号をミキシングして得られるビート信号（レーダ信号）を得る。このビート信号を高速フーリエ変換して周波数分析を行う。周波数分析されたビート信号はターゲットに対してパワーが大きくなるピークが生じるが、このピークに対する周波数をピーク周波数と呼ぶ。ピーク周波数は距離に関する情報を有し、前方車両との相対速度によるドップラ効果のために、前記三角波形状のFM-CW波の上昇時と下降時とではこのピーク周波数は異なる。そして、この上昇時と下降時のピーク周波数から前方の車両との距離及び相対速度が得られる。また、前方の車両が複数存在する場合は各車両に対して一対の上昇時と下降時のピーク周波数が生じる。この上昇時と下降時の一対のピーク周波数を形成することをペアリングという。

10

【0003】

図1は、ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は三角波で図1の(a)の実線に示す様に周波数が増加する。送信波の送信中心周波数 $f_0$ 、FM変調幅は $f$ 、繰り返し周期は $T_m$ である。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図1の(a)の破線で示す受信波となる。ターゲットとの間の往復時間 $T$ は、ターゲットとの間の距離を $r$ とし、電波の伝播速度を $C$ とすると、 $T = 2r / C$ となる。

20

この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ（ビート）を起こす。

ビート信号の周波数成分 $f_b$ は次の式で表すことができる。なお、 $f_r$ は距離周波数である。

$$f_b = f_r = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r \quad \text{-----} \quad (1)$$

【0004】

一方、図2はターゲットとの相対速度が $v$ である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は図2の(a)の実線に示す様に周波数が増加する。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図2の(a)の破線で示す受信波となる。この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ（ビート）を起こす。この場合、ターゲットとの間に相対速度 $v$ を有するのでドップラシフトとなり、ビート周波数成分 $f_b$ は次の式で表すことができる。なお、 $f_r$ は距離周波数、 $f_d$ は速度周波数である。

30

$$f_b = f_r \pm f_d = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r \pm (2 \cdot f_0 / C) v \quad \text{----} \quad (2)$$

上記式で、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ と下降時のピーク周波数 $f_{bdn}$ は以下のようになる。

$$f_{bup} = f_r - f_d = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r - (2 \cdot f_0 / C) v \quad \text{----} \quad (3)$$

$$f_{bdn} = f_r + f_d = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r + (2 \cdot f_0 / C) v \quad \text{----} \quad (4)$$

上記式において、各記号は以下を意味する。

40

$f_b$  : 送受信ビート周波数

$f_r$  : 距離周波数

$f_d$  : 速度周波数

$f_0$  : 送信波の中心周波数

$f$  : FM変調幅

$T_m$  : 変調波の周期

$C$  : 光速

$T$  : 目標物体までの電波の往復時間

$r$  : 目標物体までの距離

$v$  : 目標物体との相対速度

50

## 【 0 0 0 5 】

図3は、FM-CWレーダの構成の例を示したものである。図に示す様に、電圧制御発振器2に変調信号発生器1から変調信号を加えてFM変調し、FM変調波を送信アンテナATを介して外部に送信すると共に、送信信号の一部を分岐してミキサのような周波数変換器3に加える。一方、先行車両等のターゲットで反射された反射信号を受信アンテナARを介して受信し、周波数変換器3で電圧制御発振器2の出力信号とミキシングしてビート信号を生成する。このビート信号はベースバンドフィルタ4を介してA/D変換器5でA/D変換され、CPU6で高速フーリエ変換等により信号処理がされて距離および相対速度が求められる。

## 【 0 0 0 6 】

上記式(3)、及び式(4)から、

$$f_r = (f_{bdn} + f_{bup}) / 2$$

となり、

$$f_r = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r$$

であるから、相対距離rは、

$$r = (C \cdot T_m / 8 \cdot f) (f_{bdn} + f_{bup}) \quad \text{----- (5)}$$

となる。

また、上記式(3)、及び式(4)から、

$$f_d = (f_{bdn} - f_{bup}) / 2$$

となり、

$$f_d = (2 \cdot f_o / C) v$$

であるから、相対速度vは、

$$v = (C / 4 f_o) (f_{bdn} - f_{bup}) \quad \text{----- (6)}$$

となる。

上記式(5)、(6)からわかるように、相対速度vは $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の差に比例し、相対距離rは $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の和に比例する。従って、相対距離rが小さくなれば、 $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の値は小さくなる。

## 【 0 0 0 7 】

図4は、高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。図4において、(a) (b) (c)となるにつれ相対距離が急速に小さくなっている。高相対速度でターゲットが近づくと、上昇時と下降時のピーク周波数である $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の差は大きくなる。一方、相対距離が小さくなれば、 $f_{bup}$ と $f_{bdn}$ の値は小さくなるので、図4において(a) (b) (c)となるにつれ、 $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の値は0に近づき、(c)に示すように上昇時のピーク周波数である $f_{bup}$ はマイナスの周波数帯に入ってゆく。そのため、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ の検出ができなくなり、ターゲットを検出できなくなる。また、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ がマイナスの周波数帯に入った場合、点線で示す折り返し周波数 $f'_{bup}$ のピークが発生し、その結果誤ったペアリングが行われ、相対距離及び相対速度を誤って検出してしまうことになる。

## 【 0 0 0 8 】

図5は、高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。図5において、(a) (b) (c)となるにつれ相対距離が急速に大きくなっている。高相対速度でターゲットが離れると、上昇時と下降時のピーク周波数である $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の差は大きくなる。一方、相対距離が大きくなれば、 $f_{bup}$ と $f_{bdn}$ の値は大きくなるので、図5において(a) (b) (c)となるにつれ、 $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の値は大きくなり、(c)に示すように上昇時のピーク周波数である $f_{bup}$ は検出帯域 $f_x$ を超えてしまう。そのため、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ の検出ができなくなり、ターゲットが検出できなくなる。また、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ が検出帯域を越えた場合、点線で示す折り返し周波数 $f'_{bup}$ のピークが発生し、その結果誤ったペアリングが行われ、相対距離及

10

20

30

40

50

び相対速度を誤って検出してしまうことになる。

【0009】

従来のFM-CWレーダの信号処理装置は、サンプリング周波数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検知し、この折り返しピーク周波数を折り返さない場合のピーク周波数に変換して上昇時、下降時のピーク周波数のペアリングを行っている（例えば、特許文献1参照）。

また、パルス繰り返し周波数パルスドップラ方式レーダにおいて、折り返しによる影響を避けて正しい距離を求めることが記載されている（例えば、特許文献2参照）。

【0010】

【特許文献1】特開平11-271426号公報

【特許文献2】特公平6-70673号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、高相対速度で接近、又は離れつつあるターゲットとの相対距離、相対速度等を正確に検出できるFM-CWレーダの信号処理方法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】

【0012】

本発明のFM-CWレーダ装置によれば、物体の第1の相対距離と第1の相対速度を算出する第1の算出手段と、前記第1の相対距離に応じて、ピーク周波数を折り返して物体の第2の相対距離と第2の相対速度を算出する第2の算出手段と、前記第2の相対速度が物体の検出を必要とする相対速度の領域内であるか否かを判断する第1の判断手段と、前記第2の相対距離がピーク周波数の折り返しの発生する領域内であるか否かを判断する第2の判断手段と、前記第2の相対速度が物体の検出を必要とする相対速度の領域内であり、かつ前記第2の相対距離がピーク周波数の折り返しの発生する領域内である場合に、前記第1および第2の相対距離の瞬間誤差と前記第1及び第2の相対距離の瞬間誤差の積算値に基づいて、前記第1の相対距離または前記第2の相対距離のどちらか一方を物体の相対距離とし、前記第1の相対速度または前記第2の相対速度のどちらか一方を物体の相対速度として採用する採用手段と、を有している。

【0013】

また、本発明のFM-CWレーダ装置によれば、前記採用手段は、前記第1の相対距離の瞬間誤差が前記第2の相対距離の瞬間誤差よりも大きい場合で、かつ前記第1の相対距離の瞬間誤差の積算値が前記第2の相対距離の瞬間誤差の積算値よりも大きい場合に、物体の相対距離を前記第2の相対距離とし、物体の相対速度を前記第2の相対速度とする。

【0014】

また、本発明のFM-CWレーダ装置によれば、前記採用手段は、前記第1の相対距離の瞬間誤差が前記第2の相対距離の瞬間誤差よりも小さい場合で、かつ前記第1の相対距離の瞬間誤差の積算値が前記第2の相対距離の瞬間誤差の積算値よりも小さいまたは等しい場合に、物体の相対距離を前記第1の相対距離とし、物体の相対速度を前記第1の相対速度とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、上昇時又は下降時のピーク周波数が検出帯域を超え、折り返しピーク周波数が発生した場合でも、正確にペアリングすることができ、従って、正確にターゲットとの相対距離及び相対速度を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

(1) 既存ターゲットの場合、以下のようにして相対速度 $v$ と相対距離 $r$ を予測する。相対速度 $v$ の今回の検出値 $v_i$ は前回の検出値 $v_{i-1}$ とほぼ同じ、

10

20

30

40

50

$$v_i = v_{i-1} \quad (7)$$

であると予測する。

一方、相対距離  $r$  の今回の検出値  $r_i$  は前回の検出値を  $r_{i-1}$  とすると、

$$r_i = r_{i-1} + v_{i-1} \cdot t \quad (8)$$

と予測する。なお、 $t$  は前回の検出時点と今回の検出時点との経過時間である。

【0017】

(2) 次に、式(5)及び(6)を用いて、上昇時のピーク周波数の予測値  $f_{bup_i}$  と下降時のピーク周波数の予測値  $f_{bdn_i}$  を求める。

$$r_i = (C \cdot T_m / 8 \cdot f) (f_{bdn_i} + f_{bup_i}) \quad (9)$$

であり、

$$v_i = (C / 4 f_0) (f_{bdn_i} - f_{bup_i}) \quad (10)$$

であるから、

$$f_{bup_i} = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r_i - (2 f_0 / C) v_i \quad (11)$$

$$f_{bdn_i} = (4 \cdot f / C \cdot T_m) r_i + (2 f_0 / C) v_i \quad (12)$$

となり、今回検出時の上昇時のピーク周波数と下降時のピーク周波数の予測値、 $f_{bup_i}$  と  $f_{bdn_i}$  を算出することができる。

【0018】

(3) 図4に示すように、高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつあるとき、 $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の値は0に近づき、(c)に示すように上昇時のピーク周波数である  $f_{bup}$  は負の周波数帯に入ってゆく。このような場合、折り返し周波数  $f'_{bup}$  のピークが発生し、この周波数が検出され、この周波数に基づく誤ったペアリングが行われてしまう。

【0019】

本発明ではこのような場合、上記式(11)で  $f_{bup_i}$  を求め、この値が負となったときは、検出された  $f'_{bup}$  が折り返し周波数であると判断する。そして、実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  は、符号を反転させた  $-f'_{bup}$  であるとし、式(5)と(6)の  $f_{bup}$  の値として  $-f'_{bup}$  を用い、また  $f_{bdn}$  として、検出された値を用いて相対距離  $r$  と相対速度  $v$  を求める。

なお、図4では上昇時のピーク周波数である  $f_{bup}$  が負の周波数帯に入った場合を例に説明したが、高相対速度で離反するターゲットの場合には下降時のピーク周波数である  $f_{bdn}$  が負の周波数帯に入ることもある。ただし、負の周波数帯に入るのはいずれか一方の周波数である。

【0020】

(4) 図5に示すように、高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるとき、(c)に示すように上昇時のピーク周波数である  $f_{bup}$  は検出帯域  $f_x$  を超えてしまう。その場合、点線で示す折り返し周波数  $f'_{bup}$  のピークが発生し、この周波数が検出され、この周波数に基づく誤ったペアリングが行われてしまう。

本発明ではこのような場合、上記式(11)で  $f_{bup_i}$  を求め、この値が検出帯域  $f_x$  を超えているときは、検出された  $f'_{bup}$  が折り返し周波数であると判断する。そして、実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  を求め、検出された下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  の値と上記実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  の値を用いて相対距離  $r$  と相対速度  $v$  を求める。

上記実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  は、以下のようにして求める。図E(c)において、検出帯域の上限周波数を  $f_x$  とすると、実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  は、

$$f_{bup} = f_x + (f_x - f'_{bup})$$

となる。従って、式(5)と(6)の  $f_{bup}$  の値として、 $f_x + (f_x - f'_{bup})$  を用い、 $f_{bdn}$  として検出された値を用いて相対距離  $r$  と相対速度  $v$  を求める。

【0021】

〔実施例1 - 既存ターゲットの場合〕

図6は、既存ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャートであ

10

20

30

40

50

る。なお、フローチャートに示された動作はレーダ装置に含まれるCPU、例えば図3のCPU5により制御される。

図6において、ターゲットの処理が開始されると(S1)、既存ターゲットが存在するかどうか判断する(S2)。存在した場合(Yes)、今回のルーチンにおける相対速度 $v_i$ 、及び相対距離 $r_i$ を予測する(S3)。この予測は式(7)及び(8)により行う。

【0022】

次に、式(11)と(12)から今回のルーチンで検出される上昇時のピーク周波と下降時のピーク周波数の予測値 $f_{bup_i}$ と $f_{bdn_i}$ を算出する(S4)。そして、算出された予測値 $f_{bup_i}$ 又は $f_{bdn_i}$ が負であるかどうか判断する(S5)。例えば、予測値 $f_{bup_i}$ が負であれば(Yes)、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ が、図4(c)に示されているように負の領域にあると予測され、予測値として算出された負の周波数データ $f_{bup_i}$ を符号反転する(S6)。

10

【0023】

次に、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数とほぼ同じピーク周波数が存在するかどうか検索する(S7)。なお、予測値としては上記符号反転した周波数データ( $-f_{bup_i}$ )を用いる。そして、予測値 $-f_{bup_i}$ とほぼ同じ上昇時のピーク周波数と予測値 $f_{bdn_i}$ とほぼ同じ下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断する(S8)。存在する場合(Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値 $-f_{bup_i}$ とほぼ同じ上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ と予測値 $f_{bdn_i}$ とほぼ同じ下降時のピーク周波数 $f_{bdn}$ を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する(S9)。その場合、予測値が負であると判断されたピーク周波数 $f_{bup}$ については、検出されたピーク周波数の周波数データを符号反転して用いる。

20

なお、S2とS8でNoの場合にはそのまま終了する。

【0024】

図6のS5でNoの場合、即ち、算出された予測値 $f_{bup_i}$ 及び $f_{bdn_i}$ がいずれも負でない場合、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数と同じピーク周波数が存在するかどうか検索する(S11)。そして、予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ と下降時のピーク周波数 $f_{bdn}$ が存在するかどうか判断する(S11)。存在する場合(Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ と下降時のピーク周波数 $f_{bdn}$ を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する(S12)。なお、S11でNoの場合には相対距離及び相対速度を算出せずに終了する。

30

【0025】

〔実施例2 - 既存ターゲットの場合〕

図7は、既存ターゲットの場合における本発明による別の実施例を示すフローチャートである。なお、フローチャートに示された動作はレーダ装置に含まれるCPU、例えば図3のCPU5により制御される。

図7において、S1 - S4までの動作は図6に示されたものと同じである。このフローチャートでは、算出された予測値 $f_{bup_i}$ 又は $f_{bdn_i}$ が検出帯域 $f_x$ を超えたかどうか判断する(S5)。超えていれば(Yes)、例えば、図5(c)に示されているような状態となっていると予測された場合、予測値として算出された周波数 $f_{bup_i}$ を周波数 $f_x$ で折り返した周波数 $f_{bup_i}$ を、以下の式で求める(S6)。

40

$$f_{bup_i} = f_x + (f_x - f_{bup_i})$$

$$f_{bdn_i} = 2f_x - f_{bdn_i}$$

【0026】

次に、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数とほぼ同じピーク周波数が存在するかどうか検索する(S7)。なお、予測値としては上記折り返した周波数データ( $f_{bup_i}$ )を用いる。そして、予測値 $f_{bup_i}$ とほぼ同じ上昇時のピーク周波数と予測値 $f_{bdn_i}$ とほぼ同じ下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断する(S8)。存在する場合(Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値とほ

50

ほぼ同じ上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  と下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する (S9)。その場合、予測値が検出帯域  $f_x$  を超えていると判断された上昇時のピーク周波数については、検出されたピーク周波数  $f_{bup}$  を周波数  $f_x$  で折り返した周波数  $f_{bup}$  を下記の式より求めて用いる。

$$f_{bup} = f_x + (f_x - f_{bup})$$

なお、S2とS8でNoの場合にはそのまま終了する。

【0027】

図6のS5でNoの場合、即ち、算出された予測値  $f_{bup_i}$  及び  $f_{bdn_i}$  がいずれも帯域周波数  $f_x$  を超えていない場合、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数とほぼ同じピーク周波数が存在するかどうかを検索する (S10)。そして、予測値  $f_{bup_i}$  とほぼ同じ上昇時のピーク周波数と予測値  $f_{bdn_i}$  とほぼ同じ下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断する (S11)。存在する場合 (Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  と下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する (S12)。なお、S11でNoの場合には相対距離及び相対速度を算出せずに終了する。

〔実施例3 - 新規ターゲットの場合〕

【0028】

新規ターゲットの場合における本発明の実施例を説明する前に、レーダで正確に距離及び相対速度を検出できる範囲について図8のグラフを参照して以下に記載する。図8において、横軸は相対速度 ( $v$ ) であり、縦軸はターゲットとの相対距離 ( $r$ ) を表している。横軸の右側はプラスの相対速度 ( $+v$ ) を表しており、ターゲットが離れて行く場合を示している。横軸の左側はマイナスの相対速度 ( $-v$ ) を表しており、ターゲットが近づいて来る場合を示している。

【0029】

図8のグラフにおいて、 $+v_{01}$  はターゲットが離れる場合の相対速度であって、この相対速度を超える相対速度はレーダで検出する必要がない領域 (C1) であり、例えば、150 km/h とすることができる。この相対速度は自車が停止しているときにターゲットが時速150 km/h で前方を走行しているような場合であり、これを超える相対速度を有するターゲットを通常はレーダで検出する必要はない。また、この領域でターゲットを検出しても得られたデータは誤ったものとなる可能性が高い。

【0030】

また、 $-v_{02}$  はターゲットが近づく場合の相対速度であって、この相対速度を超える相対速度はレーダで検出する必要がない領域 (C2) であり、例えば、300 km/h とすることができる。この相対速度は自車が時速150 km/h で走行しているとき、時速150 km/h で走行している対向車を検出したような場合であり、これを超える相対速度を有するターゲットを通常はレーダで検出する必要はない。また、この領域でターゲットを検出しても得られたデータは誤ったものとなる可能性が高い。

【0031】

図8のグラフにおいて菱形の領域は、折り返しが発生しない領域であり、図に示すように以下の直線に囲まれた領域である。ただし、この菱形の領域には折り返されたデータが入ってくる可能性がある領域でもある。

(1)  $r = av$

(2)  $r = -av + r_x$

(3)  $r = -av$

(4)  $r = av + r_x$

なお、上記菱形を構成する直線は、上昇時又は下降時の周波数を0とにおいて、その逆側の周波数を変化させたときに求められる相対距離 ( $r$ ) と相対速度 ( $v$ ) の関係を示しており、個々のレーダーによって異なる。

【0032】

図8において、菱形の上方の頂点の縦軸の値  $r_x$  は、相対速度が0の場合で折り返しが

10

20

30

40

50



発生しない距離限界を表している。従って、実施例 3 では相対距離が距離限界  $r_x$  以下の場合を対象とする。

菱形の横方向の対角線を結んだ線が縦軸と交叉する点を  $r_0$  とする。また、直線  $v = v_{01}$  と直線  $r = av$  が交叉する点、及び直線  $v = -v_{02}$  と直線  $r = -av$  が交叉する点のうち相対距離  $r$  が大きい値を有する点を求め、この点における相対距離の値を  $r = r_{01}$  とする。一方、直線  $v = v_{01}$  と直線  $r = -av + r_x$  が交叉する点、及び直線  $v = -v_{02}$  と直線  $r = av + r_x$  が交叉する点のうち相対距離  $r$  が小さい値を有する点を求め、この点における相対距離の値を  $r = r_{02}$  とする。

そして、 $-v_{02} < v < v_{01}$  であって、 $r_{02} > r > r_{01}$  の領域を A (A1、A2) とする。領域 A は折り返しが発生しない領域であり、かつ折り返されたデータが入ってくる可能性がない領域である。

10

一方、 $-v_{02} < v < v_{01}$  であって、 $r_{01} < r < r_0$  の領域 B のうち、菱形の外側の部分 B2 は低い方の周波数が折り返される領域であり、菱形の内側の部分 B1 は折り返されたデータが存在する可能性のある領域である。

また、 $-v_{02} < v < v_{01}$  であって、 $r_x < r < r_{02}$  の領域のうち、菱形の外側の部分 B4 は高い方の周波数が折り返される領域であり、菱形の内側の部分 B3 は折り返されたデータが存在する可能性のある領域である。

#### 【0033】

図 9、図 10 は、新規ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャートである。なお、フローチャートに示された動作はレーダ装置に含まれる CPU、例えば図 3 の CPU3 により制御される。

20

#### 【0034】

図 9 のフローチャートにおいてにおいて、ターゲット処理が開始されると (S1)、既存ターゲットが存在するかどうか判断する (S2)。存在した場合には (Yes) 図 6 及び図 7 に示す動作が行われる。

#### 【0035】

既存ターゲットが存在しないと判断された場合 (S2 で No)、検出された上昇時と下降時のピーク周波数のペアリングを行う (S3)。そして、ペアリングに基づきターゲットとの距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を求める (S4)。

次に、求めた距離  $r_a$  が所定の値  $r_0$  (図 8 参照) 以下かどうかを判断する (S5)。 $r_a < r_0$  であれば (Yes)、ピーク周波数のうち低い方のピーク周波数を折り返す (S6)。一方、 $r_a > r_0$  でなければ (No)、ピーク周波数のうち高い方のピーク周波数を折り返す (S7)。そして、折り返したピーク周波数に基づいて距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を求める (S8)。

30

#### 【0036】

次に、求めた相対速度 ( $v_b$ ) が所定の範囲であるかどうか判断する (S9)。この場合の所定の範囲は、相対速度 ( $v_b$ ) が図 8 の領域 C1 及び C2 でない範囲、 $-v_{02} < v_b < v_{01}$  である。

求めた相対速度 ( $v_b$ ) が所定の範囲にない場合には (No)、折り返さないで求めた距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する (図 10 の S22)。一方、相対速度 ( $v_b$ ) が所定の範囲にある場合には (Yes)、求めた距離 ( $r_b$ ) が所定の値  $r_0$  以下かどうかを判断する (S10)。

40

#### 【0037】

求めた距離 ( $r_b$ ) が所定の値  $r_0$  以下の場合、即ち  $r_b < r_0$  の場合 (Yes)、求めた距離が所定の値  $r_{01}$  より大きいかどうか、即ち  $r_b > r_{01}$  かどうか判断する (S11)。 $r_b > r_{01}$  の場合 (Yes)、図 8 の斜線で示した領域 A1 であるので、折り返さないで求めた距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する (図 10 の S22)。

一方、S11 で No の場合、図 8 で示した領域 B1 及び B2 であるので、図 10 のフローチャートの S13 に進む。

#### 【0038】

50

S 1 0で、求めた距離 ( $r_b$ ) が所定の値  $r_0$  以下でない場合、即ち  $r_b > r_0$  でない場合 (No)、求めた距離が所定の値  $r_{02}$  より小さいかどうか、即ち  $r_b < r_{02}$  かどうか判断する (S 1 2)。  $r_b < r_{02}$  の場合 (Yes)、図 8 の斜線で示した領域 A 2 であるので、折り返さないで求めた相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する (図 1 0 の S 2 2)。

一方、S 1 2 で No の場合、図 8 で示した領域 B 3 及び B 4 であるので、図 1 0 のフローチャートの S 1 3 に進む。

【 0 0 3 9 】

S 1 1 及び S 1 2 で No の場合、相対距離  $r_b$  は図 8 の領域 B ( B 1、 B 2、 B 3、 B 4 ) に含まれる。この場合、距離 ( $r_a$ 、  $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ 、  $v_b$ ) の算出が 1 回目であるかどうか判断される (S 1 3)。

【 0 0 4 0 】

上記距離及び相対速度の算出が 1 回目である場合 (S 1 3 で Yes)、ペアリングにより求めた距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) と折り返して求めた距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を保存する (S 1 4)。

上記距離及び相対速度の算出が 1 回目でない場合 (S 1 3 で No)、前回求めた距離 ( $r_{ai-1}$ ) と今回求めた距離 ( $r_{ai}$ ) との瞬間誤差  $r_a$  を以下の式により求める (S 1 5)。

$$r_a = \{ (v_{ai} + v_{ai-1}) / 2 \} t - (r_{ai} - r_{ai-1})$$

上記式において、 $v_{ai}$  は今回求めた相対速度であり、 $v_{ai-1}$  は前回求めた相対速度である。

【 0 0 4 1 】

同様に、前回折り返して算出した距離 ( $r_{bi-1}$ ) と今回折り返して算出した距離 ( $r_{bi}$ ) との瞬間誤差  $r_b$  を以下の式により求める (S 1 0)。

$$r_b = \{ (v_{bi} + v_{bi-1}) / 2 \} t - (r_{bi} - r_{bi-1})$$

上記式において、 $v_{bi}$  は今回折り返して算出した相対速度であり、 $v_{bi-1}$  は前回折り返して算出した相対速度である。

次に、上記距離の瞬間誤差 ( $r_a$ ) と ( $r_b$ ) の積算値  $r_a$  と  $r_b$  を算出する (S 1 6)。

【 0 0 4 2 】

そして、 $r_b > r_a$  であるかどうか判断し (S 1 7)、 $r_b > r_a$  でなければ (No)、 $r_b < r_a$  であるかどうか判断する (S 1 8)。そして、 $r_b < r_a$  でなければ (No)、折り返して求めた瞬間誤差 ( $r_b$ ) 及びその積算値 ( $r_b$ ) が共に、折り返さないで求めた瞬間誤差 ( $r_a$ ) 及びその積算値 ( $r_a$ ) より小さいので、折り返して求めた距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を採用する (S 1 9)。

一方、S 1 7 で Yes の場合、即ち、 $r_b > r_a$  である場合には  $r_b > r_a$  であるかどうか判断し (S 2 0)、No であればどのデータを採用するかは次回のサイクルで判断する (S 2 1)。また、S 1 8 で  $r_b < r_a$  である場合 (Yes) にも、どのデータを採用するかは次回のサイクルで判断する (S 2 1)。

【 0 0 4 3 】

S 2 0 で  $r_b > r_a$  である場合には (Yes)、折り返さないで求めた瞬間誤差 ( $r_a$ ) 及びその積算値 ( $r_a$ ) が共に、折り返して求めた瞬間誤差 ( $r_b$ ) 及びその積算値 ( $r_b$ ) より小さいので、折り返さないで求めた距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) をデータとして採用する (S 2 2)。

【 0 0 4 4 】

なお、S 2 1 のように  $r_b > r_a$ 、及び  $r_b < r_a$  のいずれか一方が成り立たなければ、どのデータを採用するかについての判断は行わず、次回のサイクルで判断する。

【 0 0 4 5 】

実施例 3 では、C 1、C 2 の領域を相対距離に関わらず一律 + 1 5 0 km / h 以上、-

10

20

30

40

50

300 km/h以下と規定したが、相対距離に応じて異なる閾値を設定するようにしてもよい。例えば、C1の領域を、相対距離0では+150 km/h以上、相対距離 $r_x$ では+100 km/h以上としてもよい。この場合、遠距離で高速で離れてゆく物体を処理しないことにより、処理量を軽減することができる。また、C1、C2を相対距離に対して段階的に変化する値を有する境界線や曲線等で規定してもよい。

【0046】

また、実施例3では、折り返し判定処理があまり複雑にならないように相対距離が図8の $r_x$ 以下を対象としたが、図11に示すように $r_x$ より大きい距離を対象とすることができる。その場合、図8で示した菱形の領域の上にさらに同じ菱形の領域を形成し、図8と同様に領域A、B、Cを形成することができる。

図11において、A3、A4はそれぞれA1、A2に対応し、B5、B6はそれぞれB1、B2に対応し、B7、B8はそれぞれB3、B4に対応する。

【0047】

ここで、領域B6は低い方の周波数、又は高い方の周波数が折り返す領域であり、領域B5は低い方の周波数、高い方の周波数、又は両方の周波数が折り返す領域である。

領域B6では折り返さないデータ、低い方の周波数を折り返したデータ、高い方の周波数を折り返したデータの3つのデータのうち、一番誤差が小さいものを採用し、領域B5では更に両方の周波数を折り返したデータを加えた4つのデータのうち、一番誤差が小さいものを採用するようにすればよい。

なお、相対距離を $r_x$ 以下に限定した場合は、領域A1、A2は折り返しを考えなくてもよかったが、上限を $2r_x$ とすると $r_x$ 以上の領域からの折り返しが $r_x$ 以下の領域に入ってくるので、領域A1、A2及びB1～B4の領域において $r_x$ 以上の領域からの折り返しの可能性を判定する必要性がでてくる。

【図面の簡単な説明】

【0048】

【図1】ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。

【図2】ターゲットとの相対速度が $v$ である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。

【図3】FM-CWレーダの構成例を示した図である。

【図4】高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。

【図5】高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。

【図6】本発明による実施例を示すフローチャートである。

【図7】本発明による実施例を示すフローチャートである。

【図8】本発明による実施例を説明するための図である。

【図9】本発明による実施例を示すフローチャートである。

【図10】本発明による実施例を示すフローチャートである。

【図11】本発明による実施例を説明するための図である。

【符号の説明】

【0049】

- 1 ... 変調信号発生器
- 2 ... 電圧制御信号発生器
- 3 ... 周波数変換器
- 4 ... ベースバンドフィルタ
- 5 ... A/D変換器
- 6 ... CPU
- AT ... 送信アンテナ
- AR ... 受信アンテナ

10

20

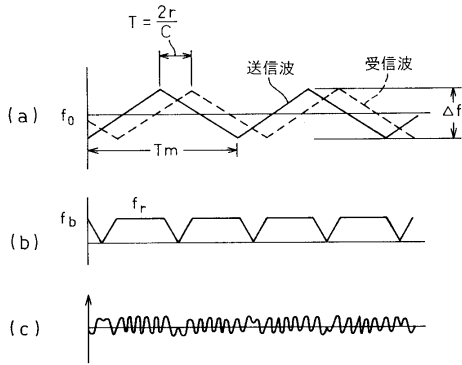
30

40

50

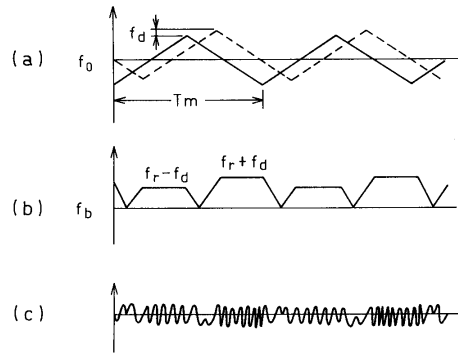
【 図 1 】

図 1 ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図



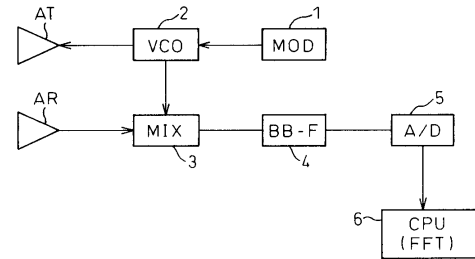
【 図 2 】

図 2 ターゲットとの相対速度がvである場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図



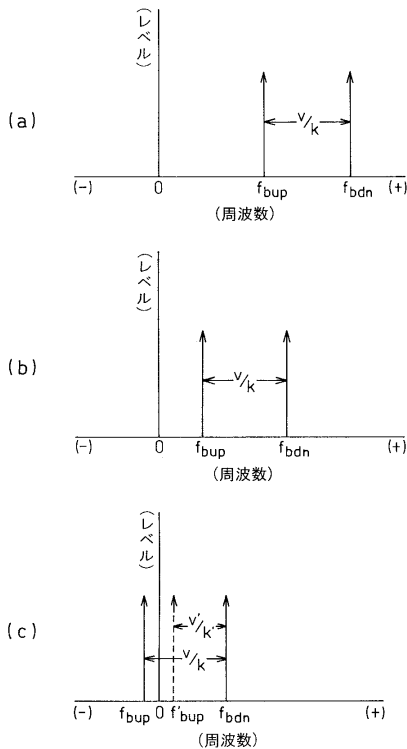
【 図 3 】

図 3 FM-CWレーダの構成の例を示した図



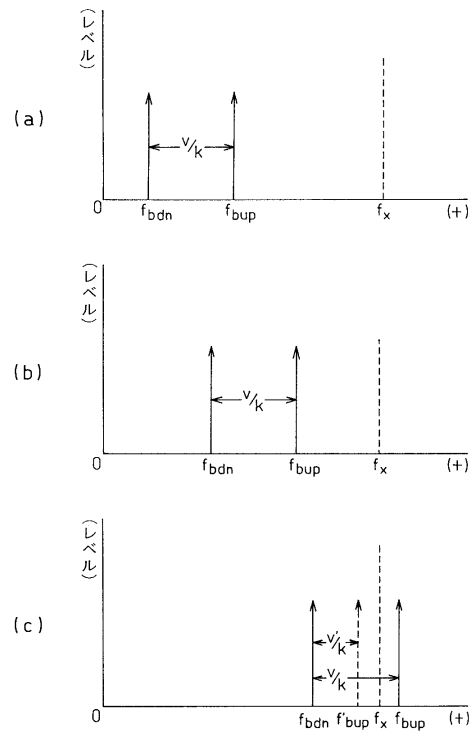
【 図 4 】

図 4 高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示した図



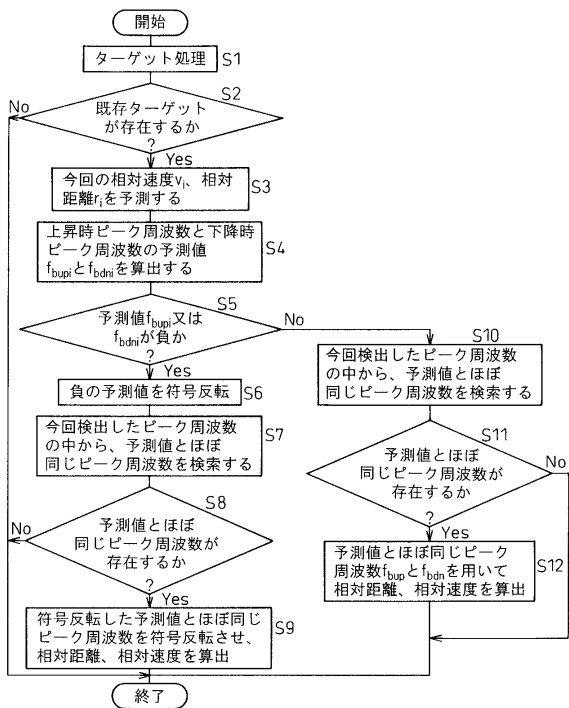
【 図 5 】

図 5 高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示した図



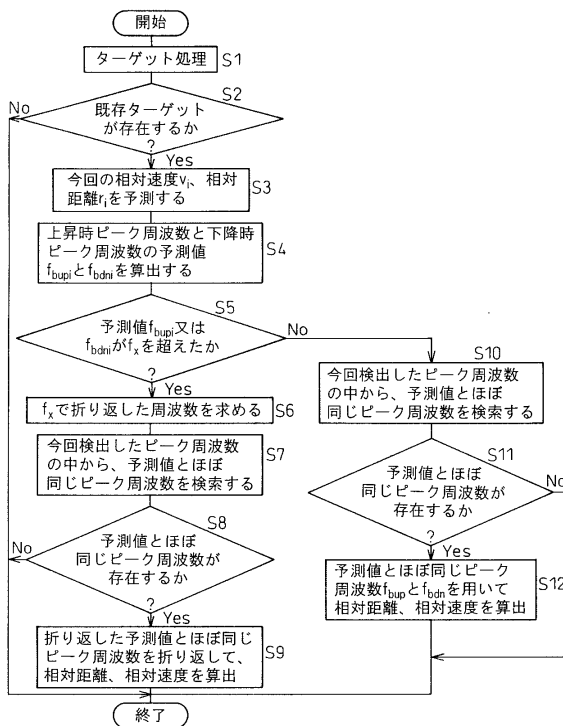
【図6】

図6 既存ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャート



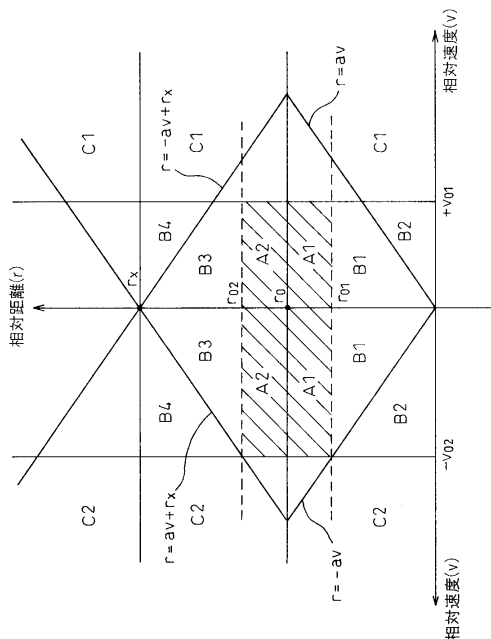
【図7】

図7 既存ターゲットの場合における本発明による別の実施例を示すフローチャート



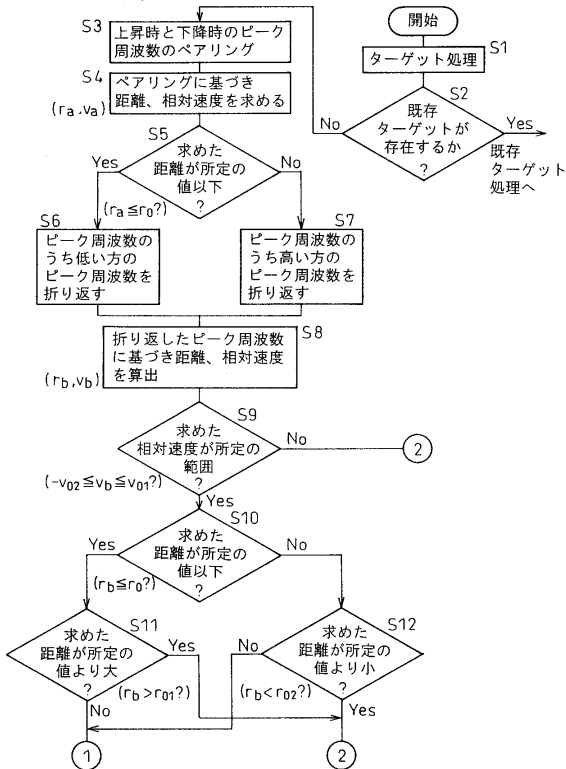
【図8】

図8 レーダによって正確に距離及び相対速度を検出できる範囲について示した図



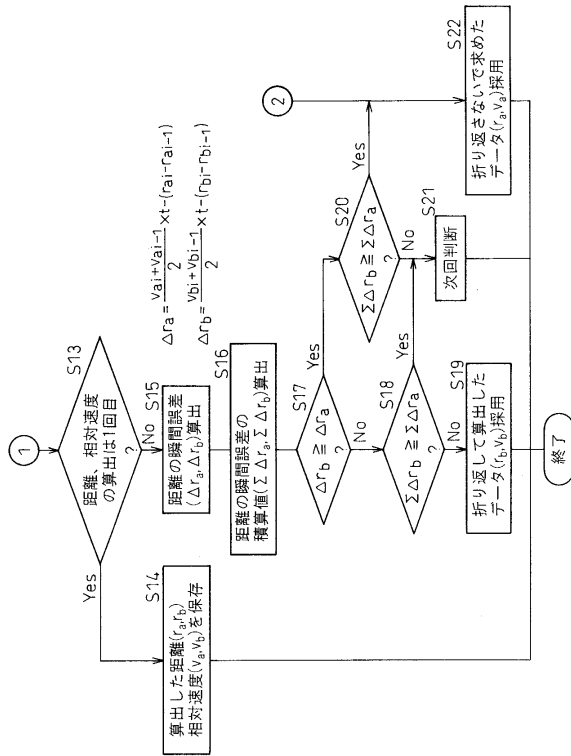
【図9】

図9 新規ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャート



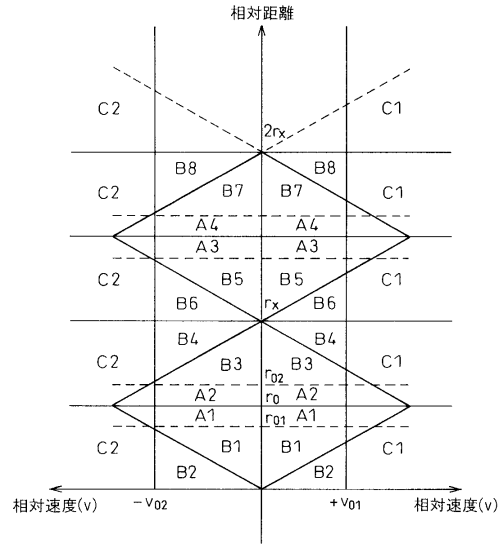
【図10】

図10 新規ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャート



【図11】

図11 レーダによって正確に距離及び相対速度を検出できる範囲について示した図



---

フロントページの続き

(72)発明者 岸田 正幸

兵庫県神戸市兵庫区御所通1丁目2番28号 富士通テン株式会社内

審査官 中村 説志

(56)参考文献 特開2003-315446(JP,A)

特開2003-329767(JP,A)

特開平05-142338(JP,A)

特開平10-142320(JP,A)

特開平11-326504(JP,A)

特開平10-132925(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00 - 7/42

G01S13/00 - 13/95