

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5091651号
(P5091651)

(45) 発行日 平成24年12月5日(2012.12.5)

(24) 登録日 平成24年9月21日(2012.9.21)

(51) Int.Cl.

G01S 13/44 (2006.01)
G01S 13/93 (2006.01)

F 1

G01S 13/44
G01S 13/93

Z

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2007-323068 (P2007-323068)
 (22) 出願日 平成19年12月14日 (2007.12.14)
 (65) 公開番号 特開2009-145206 (P2009-145206A)
 (43) 公開日 平成21年7月2日 (2009.7.2)
 審査請求日 平成22年11月25日 (2010.11.25)

(73) 特許権者 509186579
 日立オートモティブシステムズ株式会社
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 (74) 代理人 110000350
 ポレール特許業務法人
 (72) 発明者 守永 光利
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所 中央研究所内
 (72) 発明者 三苦 寛人
 茨城県ひたちなか市大字高場2520番地
 株式会社日立製作所 オートモティブシステムグループ内

審査官 堀 圭史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】レーダ装置及びターゲットの方位角計測方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

送信電波を検出領域に送信する1個の送信アンテナと、左右の位置に配置されターゲットからの反射波を受信する1対の受信アンテナと、前記受信アンテナで受信した受信信号を処理する機能を有する信号処理回路とを備えて成り、

前記信号処理回路は、前記受信信号として、前記1対の受信アンテナにより取得された第1のデータと前記第1のデータとは異なる時刻に取得された第2のデータとを単位のデータセットとして仮想的にアンテナ数を2倍とする機能と、

前記単位のデータセットから前記受信信号の強度変化を求め、複数の前記ターゲットの位置を計測する機能とを備えたレーダ装置であって、

前記1対の受信アンテナにより得られた2つの受信信号のうち、片方の位相を回転させながら両者の線型和を計算することによりアンテナ利得の小さい方位角方向を信号処理的に生成する機能と、

前記アンテナ利得の小さい方位角方向をスキャンして、現在の時刻 T_i で計測された受信信号の強度と前記時刻 T_i から時間 T だけ異なる時刻に取得されたデータから計算された受信信号の強度が同一となる前記位相の回転角をターゲットの存在角度であると判断して出力する機能とを備えており、

前記ターゲットと前記レーダ装置との位置関係は時間の経過と共に変化するものであることを特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】

10

20

請求項 1 において、
前記複数のターゲットの計測される位置は前記各ターゲットの方位角である
ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 3】

請求項 1 において、
前記信号処理回路は、
前記 1 対の受信アンテナにより取得された信号をそれぞれフーリエ変換し、前記ターゲットからの反射信号を検出する機能と、

前記検出された複素数からなる 2 つの反射信号を S_1, S_2 としたとき、該複素数値 S_1 の位相を だけ回転させながら、次式(1)に従って線型和 $XS(\theta)$ を計算する機能と、

【数 1】

$$XS(\theta) = S_1 \cdot e^{j\theta} - S_2 \quad (1)$$

前記両者の線型和を計算することにより前記アンテナの利得の小さい方位角方向を生成する機能とを備えて成る

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 4】

請求項 3 において、
前記信号処理回路は、
前記式(1)中の位相回転角 が、2個ある前記ターゲットのうち片方と一致している状態を現出することにより、ドップラーシフト周波数が同一の前記 2 つのターゲットが存在する場合において、前記 2 つのターゲットからの前記反射信号が合成されない状態を信号処理により生成する機能を有する

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 5】

請求項 3 において、
前記信号処理回路は、
前記複素数値 S_1 の位相を だけ回転させる

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、
前記信号処理回路は、
前記式(1)中の位相回転角 が、2個ある前記ターゲットのうち片方と一致している状態を現出することにより、ドップラーシフト周波数が同一の前記 2 つのターゲットが存在する場合において、前記 2 つのターゲットからの前記反射信号が合成されない状態を信号処理により生成する

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 7】

請求項 1 において、
前記単位のデータセットに使用する前記異なる時刻の時間差 T は、当該レーダ装置の移動速度に応じて変更される

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 8】

請求項 1 において、
前記レーダ装置は、時刻の経過とともに移動する

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 9】

請求項 1 において、
前記レーダ装置は、車両に搭載されており、

10

20

30

40

50

前記単位のデータセットに使用する前記異なる時刻の時間間隔 T は、当該レーダ装置を搭載した車両の走行速度及び該車両のヨーレートに応じて変更される
ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 10】

請求項 1において、

前記レーダ装置が静止位置にあり、

前記信号処理回路は、

前記単位のデータセットに含まれる現在取得された計測データと、前記ターゲットと前記レーダ装置のアンテナとの相対的な位置関係が現在の時刻における位置関係とは異なる
、前記時間 T だけ過去に取得された計測データとを使用して、前記ターゲットの方位角
を計測する機能を有する

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 11】

請求項 1記載のレーダ装置において、

信号生成機能、送信機能及び受信機能を有するアナログ回路と、受信信号の処理機能を有する信号処理回路とを備えて成り、

前記アナログ回路は、送信電波を検出領域に送信する1個の送信アンテナと、左右の位置に配置された1対の受信アンテナとを備えて成り、

前記信号処理回路は、受信された前記送信電波の反射波を受信信号として処理しターゲットを追跡する機能を有している

ことを特徴とするレーダ装置。

【請求項 12】

1個の送信アンテナと、左右の位置に配置された1対の受信アンテナと、前記受信アンテナで受信した受信信号を処理する機能を有する信号処理回路とを備えたレーダ装置におけるターゲットの方位角計測方法であって、

前記1個の送信アンテナから送信電波を検出領域に送信し、

前記左右の位置に配置された前記1対の受信アンテナで前記送信電波の反射波を受信し、

前記1対の受信アンテナにより取得された第1のデータと、前記第1のデータとは異なる時刻に取得された第2のデータとを受信信号の単位のデータセットとし、

前記単位のデータセットから前記受信信号の強度変化を求める複数の前記ターゲットの方位角位置を計測するものにおいて、

前記ターゲットと前記レーダ装置との位置関係は時間の経過と共に変化するものであり、

前記1対の受信アンテナにより得られた2つの受信信号のうち、片方の位相を回転させながら両者の線型和を計算することによりアンテナ利得の小さい方位角方向を信号処理的に生成し、

前記アンテナ利得の小さい方位角方向をスキャンして、現在の時刻 T_i で計測された受信信号の強度と前記時刻 T_i から時間 T だけ異なる時刻に取得されたデータから計算された受信信号の強度が同一となる前記位相の回転角をターゲットの存在角度であると判断して出力する

ことを特徴とするターゲットの方位角計測方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、連続的な電波を用いて障害物を検知するレーダ装置及びターゲットの方位角計測方法に係り、特に、検知物の位置と、自車に対する相対速度とを高精度に計測する車載型レーダ装置及びターゲットの方位角計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

レーダ装置を使用して、検知すべきターゲット（検知物体）の方位角を計測する方式にはいくつかの方式がある。代表的なものとして、例えば特許文献1に開示されているスキャン方式と、例えば特許文献2に開示されているモノパルス方式がある。

【0003】

特許文献1に開示されているスキャン方式の原理を、図14を用いて説明する。図14はレーダのアンテナ300とそのアンテナで生成される放射ビームパターン302の1例を示している。この図で示されるようにアンテナ素子を横方向に複数並べることでビームパターンを細く絞り、その放射ビームを左右方向に振る。レーダでは放射電波がターゲットで反射して戻ってくる電波の強度を計測し、その受信強度が強い方位角方向にターゲットが存在していることがわかる。

10

【0004】

次に、特許文献2には、2つのアンテナを用いるモノパルス方式、すなわち、1個の送信アンテナと、対向してすなわち互いの左右位置に配置された2個の受信アンテナ（左）および受信アンテナ（右）により構成されるアンテナを備えたレーダ構造が開示されている。

【0005】

一方、特許文献3には、広角化、高感度化により検出点数が増加しても効率よく物体を追跡することができるようした車両周辺監視装置が開示されている。すなわち、特許文献3の車両周辺監視装置は、過去に検出した各物体について、過去の物体位置データから今回検出されるべき位置を推定する物体位置推定手段と、物体の推定位置のまわりに所定のウィンドウを設けるウィンドウ設定手段と、ウィンドウ内に含まれる検出点データを用いて今回の物体位置データを求め、過去に検出した物体位置データを用いて、物体の相対速度を算出する物体追跡手段とを備えている。

20

【0006】

また、特許文献4には、対照障害物の位置推定精度を向上させた車両における対照障害物の位置推定方法が開示されている。すなわち、特許文献4の位置推定方法によれば、座標上で相互に近接する障害物データに同一ラベルを付すようにして各障害物データのラベル付けを行ない、前回のデータおよび今回のデータに基づいて各ラベル毎に移動方向および移動量を算出し、その移動量をサンプリング時間で除して自車に対する各ラベル毎の相対速度を算出し、その相対速度および前記移動方向から定まる相対速度ベクトルに基づいて所定時間後の対照障害物の位置を推定している。

30

【0007】

【特許文献1】特開2004-132734号公報

【特許文献2】特開2004-239744号公報

【特許文献3】特開2005-43375号公報

【特許文献4】特開平05-180933号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

自動車で走行時に障害物や前方走行車までの距離や方位角を計測するために、ミリ波を利用したレーダ装置が広く利用されている。レーダ装置は電波を放射し、障害物や前方走行車両などの物体からの反射波を受信する。そして、受信した反射波の強弱、周波数のドップラーシフト、電波の発射から反射波の受信までの伝搬時間などを検出し、その結果から物体までの距離や方位角、相対速度などを計測する。近年では、このようなレーダ装置を自動車に搭載し、障害物や先行車を検出し、その結果に基づいて運転制御をおこなう定速走行装置や車間距離制御装置が実用化されている。

40

【0009】

特許文献1に開示されたスキャン方式では、以下2つの問題が存在する。まず一つ目は放射ビームを細く絞るためにアンテナの面積が大きくなるので、レーダ装置全体の小型化が困難なことである。2つ目は、レーダのアンテナ部分を左右に動かす機械的な稼動部が

50

必要となるため、長期信頼性の確保が困難なことである。

【0010】

次に、特許文献2で採用されているモノパルス方式の原理を、図15(15A, 15B), 図16(16A, 16B)を用いて説明する。まず図15Aはアンテナの構成例を示した図である。各アンテナはパッチアンテナを用いて構成されている。送信アンテナ3は1つのチャンネルから成るのに対し、受信アンテナは4(a)と4(b)の二つのチャンネルから構成される。図15Bに示すように、受信アンテナ4(a)、4(b)間の間隔をDとすると、受信アンテナ4(a)、4(b)で受信されるターゲットからの2つの反射信号は、 $D \sin \theta$ の位相差を有する。

【0011】

2つのチャンネルで受信された電力の和信号(Sum)の方位角依存強度と差信号(Diff)の方位角依存強度は図16Aのようになり、また、それらの比率(Ratio)を計算すると図16Bのようになる。ここで方位角 θ は、レーダ正面方向を $\theta=0$ 、右方向への開き角度を正(+), 左方向への開き角度を負(-)と定義している。レーダごとに前記方位角依存性のデータを予め測定しておく。そして受信信号を信号処理してターゲットが検出された場合、和信号と差信号の電力の比率(Ratio)及び位相差を計測し、前記の方位角依存性のデータを参照することにより、検知ターゲットの方位角 θ を特定できる。

【0012】

このモノパルス方式を実施する際の重要な考え方は、レーダが異なる電波受信パターンを2つ有することである。上記のように受信アンテナを2チャンネル横に並べた場合は、左右方向にずれた2つの受信パターンを有することに相当し、それぞれのチャンネルにより取得された信号の差異を利用して方位角位置を求めている。このモノパルス方式では機械的な稼動部がなく、また電波放射パターンを細く絞る必要がないため、小型・低コスト化を図りやすい。

【0013】

上記モノパルス方式を利用したレーダ装置を用いて、ターゲットの方位角を正しく計測できる場合と、正しく計測できない場合とを、図17A、図17Bを用いて説明する。ここで前記レーダ装置は、ターゲットの距離と速度を計測するために、例えば2周波CW方式を採用しているものとする。

【0014】

まず、図17Aでは自車両80はレーダ装置81を搭載して走行している。車両90は計測すべきターゲットである。車両90で反射して戻ってきた受信信号の周波数は2つの車両の速度差に応じたドップラーシフト周波数となっている。このドップラーシフト周波数を有する信号の位相を計測することで、前方車両90までの距離や方位角を正しく計測することができる。

【0015】

次に図17Bのように前方に2車両が存在し、さらにその2車両の自車に対する相対速度が同一である場合を考える。この状況ではそれぞれの車両で反射して戻ってくる受信信号のドップラーシフト周波数は同じ値となるため、周波数スペクトルを観測した場合、両者の周波数ピークは重なっている。

【0016】

この場合、検出される反射信号は車両92による反射波と車両94による反射波の合成波となるため、それぞれの車両92、車両94による反射波の位相を個別に計測することができない。その結果、それぞれの車両の方位角を求めることはできなくなる。この様に2つの反射信号が合成された場合、図17Bに示すように、従来のモノパルス方式のままで原理的には計測値は両者の中心付近の位置(1つのポイント)96に出力される。そのため、自車線にターゲットがあるか否かを正しく判別できない可能性がある。

【0017】

以上で明らかになったように、図17Bのような状況において、計測すべき車両92と車両94の位置を正しく計測できないのがモノパルス方式の問題点である。

10

20

30

40

50

【0018】

一方、特許文献3に開示された車両周辺監視装置は、過去の物体位置データから今回検出されるべき位置を推定し、物体の推定位置のまわりに所定のウィンドウを設ける機能を有する。また、特許文献4に開示された対照障害物の位置推定方法は、前回のデータおよび今回のデータに基づいて各ラベル毎に移動方向および移動量を算出する。これらは、いずれも、今回検出されるべき物体等の位置推定をより正確に行うべく、フィルタによるデータの平滑化手段としてウィンドウやラベルを設定する手法である。特許文献3や特許文献4には、図17Bのような状況における2つの反射信号の干渉に関する課題の提示や解決手段については、なんらの開示も示唆も無い。

【0019】

10

本発明は、上記問題点を解消するためになされたものであり、主たる解決課題は、ドップラーシフト周波数が同一となる2つのターゲットが存在する場合でも、簡単な構成で2つのターゲットそれぞれの方位角を正確に計測することが可能な信号処理手段を有したレーダ装置及びターゲットの方位角計測方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0020】

本発明の代表的なものの一例を示せば以下の通りである。即ち、本発明のレーダ装置は、送信電波を検出領域に送信する1個の送信アンテナと、対向して配置されターゲットからの反射波を受信する1対の受信アンテナと、受信信号を処理する機能を有する信号処理回路とを備えて成り、前記信号処理回路は、前記受信信号として、前記1対の受信アンテナにより取得された第1のデータと前記第1のデータとは異なる時刻に取得された第2のデータとを単位のデータセットとして仮想的にアンテナ数を2倍とする機能と、前記単位のデータセットから前記受信信号の強度変化を求め、複数の前記ターゲットの位置を計測する機能とを備えて成ることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、ドップラー周波数が同一となる複数のターゲットが存在する状況においても、受信アンテナ2chで構成されるレーダを用いてそれぞれの方位角位置を計測することが可能となる。つまり、モノパルス方式の短所を、高周波信号処理回路部分の簡単な構成の変更あるいは信号処理手法の修正により、解決できる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

まず、本発明の原理の概略を説明する。以下では、モノパルス方式で正しく検知できない例として挙げた図17Bのように、ターゲットが2つある場合について説明する。また、ここでは車載のレーダ装置のアンテナには図15で示したように、1対の受信アンテナすなわち2チャンネルから構成される受信アンテナ4(a)、4(b)が装備され、それらにより受信される信号が別々に得られるものとする。

【0023】

本発明では、図1Aに示すように、同じアンテナが僅かに異なる場所に位置していたときの過去のデータ(時刻T_i、第1のデータ)と、現在の位置におけるデータ(時刻T_i+T、第2のデータ)、すなわち、僅かに異なる時間差T毎に、4つのアンテナ位置4(a)、4(b)、4(a)'、4(b)'に対応するデータを夫々単位のデータセットとする。そして、各単位のデータセットから受信信号の強度変化を求め対象物の方位角を計測する信号処理手法を用いる。本発明ではレーダ装置が異なる位置にあるときの情報を利用することで、仮想的にアンテナ数をレーダの移動方向に沿って増やすのと類似の効果を得ている。

40

【0024】

既に説明した様に、図17Bの状況下では2つのターゲットからの反射信号は通常合成信号として観測されるため、個別の反射信号を計測することができない。そこで、まず2つのターゲットからの反射信号が合成されないようにするための信号処理を実施する。

50

【0025】

受信アンテナで得られた2つ以上の受信信号に所定の演算を実施すると、アンテナ利得が小さくなる方位角方向（以下ヌル点とも呼ぶ）を信号処理的に生成することができる。さらにこの低利得方向を方位角方向にスキャンすることも可能である。この低利得方向が、2個存在するターゲットのうち1個の方向と一致したとき、このターゲットからの反射信号は受信されない状態となり、もう一方のターゲットからの反射信号だけを受信している状態となる。すなわち信号の合成が起こらない状態になる。本発明は、この状態を検出することで、対象物の方位角を計測する。

【0026】

この点について、図2（図2A、図2B）を用いてより詳細に説明する。2つの受信アンテナにより取得された単位のデータセットの信号（第1のデータ（4(a)、4(b)相当）、第2のデータ（4(a)'、4(b)'相当））は、それぞれフーリエ変換され、ターゲットからの反射信号が検出される。ここで単位のデータセットに含まれる第1のデータと第2のデータ各自で検出される2つの信号は複素数であり、信号強度に相当する振幅情報の他に位相情報を持っている。この2つの複素数値をS₁、S₂と記述することにする。

【0027】

複素数値S₁の位相をだけ回転させながら、次式（式1）に従って線型和XS（）を計算する。

【0028】

【数1】

$$XS(\theta) = S_1 \cdot e^{j\theta} - S_2 \quad (1)$$

すなわち、図2Aに示すように、2つある受信アンテナにより得られた2つの受信信号のうち、片方の位相を回転させながら両者の線型和を計算することによりアンテナ利得の小さい方位角方向を信号処理的に生成する。

【0029】

この演算を実施することで構成される受信アンテナの方位角利得特性の模式図は、図2B中の曲線60-1（第1のデータ対応）、曲線60-2（第2のデータ対応）のようになる。ここで方位角利得特性曲線60において2つの山となっている方位角方向ではアンテナ利得が大きく、方位角利得特性曲線60の谷となっている方位角方向（ヌル点）ではアンテナ利得が小さいことを示している。図2Bでは方位角度方向で低利得となり、この方向からの反射波はほとんど受信されない状態になっている。式1で様々な値の位相回転角に対してXS（）を計算することは、図2B中の低利得方向を様々な方向に変更することに相当する。したがって、位相回転角を人為的に回転させながらXS（）を計算することは、低利得方向を方位角方向にスキャンすることと同じである。

【0030】

実際の処理では低利得方向を様々な方位角度にスキャンするため、どの方位角度を向いたときに、ヌル点がターゲット方向と一致しているのかわからない。そこでレーダが異なる2つの場所に位置していた時のXS（）のデータを使用し、アンテナが微少に動く前後における、信号強度の比較を行う。

【0031】

すなわち、本発明では、図1Aに示すように、レーダ装置に装着された同じアンテナにより、2つの僅かに異なる時刻（T_i、T_i+T）に取得された2組のデータを単位のデータセットとして用いて検知物体の位置を計測する。これにより、車両の現在（時刻T_i）のアンテナ位置（4(a)、4(b)）において取得されたXS（）のデータと、現在の位置とは僅かに異なる位置（時刻T_i+T）のアンテナ位置（4(a)'、4(b)'）において取得されたXS（）のデータからなる2組のデータを用いて検知物体の方位角を計測する。換言すると、仮想的にアンテナ数を4つ（4(a)、4(b)、4(a)', 4(b)'）に増やしたのと同等の効果を得る信号処理を行うことができる。

10

20

30

40

50

【0032】

第1のデータと第2のデータを取得するための微小な時間間隔、換言すると僅かに異なる時間差 T は、図1Bに示すように、レーダ装置の移動速度、すなわちレーダ装置を搭載した自動車の走行速度やこの自動車のヨーレートに応じて変更される。

【0033】

$T = (T_v, T_y)$

このように、 T は、自車の走行速度の増加に伴い T_v が低減する関数で与えられ、また、道路の曲率が大きくなるのに伴い T_y が低減する関数で与えられる。

【0034】

アンテナが微少に動く前後において比較する信号強度とは、低利得方向を様々な方向にスキャンした場合に、2つのチャンネルから所定の演算により計算される信号強度である。低利得方向とターゲット方向が一致している場合は、もう一方のターゲットからの反射信号しか受信していないため、レーダが微少に動いただけでは上記の信号強度はほとんど変化しない。したがって、アンテナの移動前後で前記の信号強度が同一となる時に低利得方向が向いていた方位角にターゲットが存在することがわかる。

10

【0035】

一方、低利得方向とターゲット方向が一致していない場合は、一般に上記の信号強度はターゲットとの位置関係がわずかに変化するだけで大きく変動するため、アンテナの移動前後で同一とならない。したがって上記の信号強度が同一となる方位角だけを出力すれば、実際にターゲットのいる方位角を出力していることになる。

20

【0036】

以上の通り、本発明によれば、ドップラー周波数が同一となるターゲットが2つ存在する場合であっても、それぞれの方位角を計測することができる。これにより、誤検知データの出力を抑え、出力される方位角の信頼性を向上させることができる。

20

【0037】

背景技術の項でモノパルス方式は異なるビームが2つ必要であると述べた。本発明の時間差方式では、2つのビームを得るために2つの時刻のデータを利用していると言える。

【0038】

また、一般にレーダ信号処理では、干渉信号の低減を行うために種々の工夫が実施されるが、本発明では干渉による受信信号の強度変化を積極的に活用しているとも言える。

30

【0039】

次に、本発明のより具体的な実施形態を、図3～図13A、図13Bを用いて説明する。

【0040】

最初に、本実施例を実施するためのレーダ装置のブロック図を、図3、図4を用いて説明する。図3において、レーダ装置81は、信号生成機能、送信機能及び受信機能を有するアナログ回路1と、受信信号の処理機能を有する信号処理回路（デジタルプロセッサ）10を備えている。すなわち、アナログ回路1は、送信系に変調器2、発振器5、電力増幅器6、送信アンテナ3を備え、受信系に受信アンテナ4(a)、4(b)とミキサ回路7(a)、7(b)、電力増幅器8(a)、8(b)、A/Dコンバータ9(a)、9(b)を備えている。A/Dコンバータ9から出力された信号は、信号処理回路10で処理され、ターゲットまでの距離又は相対速度の少なくとも一方が求められる。信号処理回路10は、CPUやメモリ及びプログラムを保持するデータプロセッサにより構成され、高速フーリエ変換(FFT)処理部11、ピークサーチ処理部12、メモリ13、ターゲット位置算出部20、物体追跡処理部14を備えている。ターゲット位置算出部20は、時間差方式方位角算出ユニット21を備えている。また信号処理回路10には車速センサ30、ヨーレートセンサ31の出力も入力され、メモリ13に記録保持される。なお、信号処理回路10の上記各部は、各種プログラムに基づく演算処理をCPUで実行することにより得られる実現される機能である。信号処理回路10の具体的な構成は、上記各部の機能の一部を組み合わせて統合し、あるいは一部をさらに細分化して実現しても良いことは言

40

50

うまでも無い。

【0041】

物体追跡処理部14で得られた情報は、シリアル通信手段などにより外部のACC(Adaptive Cruise Control)装置などに送られ、車両の走行制御を行う。

【0042】

図4に、ターゲット位置算出部20のより具体的な構成例を示す。ターゲット位置算出部20は、時間差方式方位角算出ユニット21の他に、モノパルス方式方位角算出ユニット22、相対速度算出ユニット23、距離算出ユニット24、時間差設定ユニット25、ターゲット数判定ユニット26を備えている。時間差方式方位角算出ユニット21は、ヌル点走査曲線算出部211、曲線比較部212、ヌル点走査曲線記憶部213を備えている。ヌル点走査曲線算出部211は後で説明するヌル点走査曲線(図11の曲線110、120)を算出する機能を有している。ヌル点走査曲線比較部212は2つのヌル点走査曲線の交点、すなわちターゲットの方位角を求める機能を有している。これらのヌル点に関する情報は、ヌル点走査曲線記憶部213に保持される。

【0043】

相対速度算出ユニット23および距離算出ユニット24では、例えば2周波CW方式の原理に基づいて、それぞれターゲットの相対速度と距離が算出される。時間差方式方位角算出ユニット21のヌル点走査曲線算出部211及び曲線比較部の機能については、後で説明する。

【0044】

ターゲット数判定ユニット26は、反射信号の処理データからターゲット数を判定し、時間差方式方位角算出ユニット21とモノパルス方式方位角算出ユニット22のいずれで方位角算出の処理を行うべきかを判定処理する。

【0045】

方位角算出ユニット21、22では、それぞれ方位角を算出する。すなわち、時間差方式方位角算出ユニット21では、図1Aで説明した時間差方式に基づき、反射信号にドップラー周波数が同一となるターゲットが2つ存在する場合であっても、それぞれの方位角を算出する。一方、ターゲットが1つ存在する場合における方位角の算出は、モノパルス方式方位角算出ユニット22によって行う。

【0046】

なお、ターゲット位置算出部20の構成は、上記各ユニットや各部の機能の一部を組み合わせて統合し、あるいは一部をさらに細分化して実現しても良いことは言うまでも無い。

【0047】

次に、本発明の実施例の動作について、図5及び図7のフローチャートをベースにして、以下説明する。

アナログ回路1の発振器5は、変調器2からの変調信号に基づき、例えば図6Aで示した周波数パターンで発振する。これは2周波CW方式と呼ばれる周波数変調方式であるが、これに代えて例えばFMCW方式の変調方式等他の方式を採用しても良い。周波数変調された高周波信号は、電力増幅器6で増幅された後、送信アンテナ3から送信電波として検出領域へ向けて照射される。

【0048】

送信アンテナ3から送信された電波は照射領域内の物体(ターゲット)で反射され、返ってきた電波信号は受信アンテナ4により受信される。この受信信号をミキサ回路7で発信信号とミキシングすることによってビート信号が生成され、このビート信号が電力増幅器8へ出力される。電力増幅器8で増幅され出力された信号は、A/Dコンバータ9によってデジタル信号に変換された後、信号処理回路10へ送られる。

【0049】

この信号処理回路10では、図5に示されるフローチャートに従って受信信号に所定の演算が実施される。

10

20

30

40

50

【0050】

まず各変調区間において取得された単位のデータセットの各データに対してステップ41で高速フーリエ変換(FFT)による周波数解析を行って周波数スペクトルを得る。物体による反射波を受信した場合、信号対雑音電力比(S/N)の大きい周波数ピークとして、例えば図6Bに示した周波数スペクトル図のピーク50で示したように、観測される。このようにして観測されるピークを、次のステップ42のピークサーチで抽出する。ここで抽出された信号に対して、ステップ43においてターゲットの位置情報算出処理が施される。このステップ43の処理はターゲット位置算出部20により実行される。ターゲット位置算出部20の相対速度算出ユニット23および距離算出ユニット24では、例えば2周波CW方式の原理に基づいて、それぞれターゲットの相対速度と距離を算出する。

10

【0051】

次に、図5中のステップ43で単位のデータセットを用いて2つのターゲット位置を計測し、その結果を利用して、夫々ステップ44で追尾処理を施す。ここでは過去の検知物体計測情報から予測される現在の計測情報に基づいて、実際に現在算出した情報を補正する。この補正手段は従来からレーダ技術の分野で用いられているカルマンフィルタや

フィルタを利用する

なお、ここまでではターゲットが2つ存在する場合を仮定していたが、ターゲットが1個の時にはXS()は時刻Tiと時刻Ti+Tで全ての方位角について同じ値となる。なぜなら低利得方向がどこを向いていようとターゲット1個の信号だけを受信しており、干渉などは生じていないからである。この場合には、例えば通常のモノパルス方式に従ってターゲットの方位角度を求める。すなわち、図4のモノパルス方式方位角算出ユニット22により、図16、図17で説明したようにして、ターゲットの方位角度を求める。そして、ステップ44で追尾処理を施す。

20

【0052】

図5に示した上記各処理は、レーダ装置81のアナログ回路1からのデータ入力に同期して繰り返し実行される。

【0053】

次に、ターゲット位置算出部20の動作を、図7に示すフローチャートに従って詳細に説明する。

【0054】

既に述べたように、本発明では、微小な時間差Tの間に自車搭載のレーダの位置が移動することを利用して単位のデータセットを取得し、仮想的にアンテナ数をレーダの移動方向に沿って増やすことを特徴にしている。ただし、例えば交差点での一次停止のように自車搭載のレーダの位置は停止したままの状態でターゲットが自車に接近してくる場合も考えられる。この場合、自車搭載のレーダとターゲットとの相対的な位置関係の変化を検知するために、微小な時間差Tにおける自車とターゲット間の距離変化を利用する。

30

【0055】

図7において、ステップ71では、レーダとターゲットまでの距離が前回計測された値と一致しているか否かを判定する。変化している場合はターゲットとレーダの位置関係が変化しているため本発明の方位角計測方式を使用することができる。そこでステップ72へ進みヌル点走査曲線を求める。なお、ヌル点走査曲線については、後で図11を用いて詳細に説明する。ステップ73では前記ヌル点走査曲線と過去のどの時点に求め記憶したヌル点走査曲線、換言すると微小時間差Tをどの値にして1セットのヌル点走査曲線を比較するかを車速センサ、ヨーレートセンサの出力情報を基にして決定する。

40

【0056】

ステップ74では、2つのヌル点走査曲線からターゲット数を求める。ターゲットが1個の時にはXS()は時刻Tiと時刻Ti+Tで全ての方位角について同じ値となる。ターゲットが1個の場合には、通常のモノパルス方式に従ってターゲットの方位角度を求める(ステップ75、76)。

【0057】

50

ステップ77では、2つのヌル点走査曲線（図11中の曲線110, 120）の交点、すなわちターゲットの方位角 α_A, α_B を求める。

【0058】

最後にステップ78で現在求めたヌル点走査曲線とターゲット位置情報をメモリ等の記憶装置に登録する。

【0059】

図8Aは、単位のデータセットすなわち2つの受信アンテナの受信信号に所定の演算を実施することで得られたアンテナ利得の低い方位角方向が、2つあるターゲットのうち1つの方向と一致している様子を示している。すなわち、図8Aは、前記（式1）中の位相回転角 ϕ が2個あるターゲットのうち片方と一致している場合を示している。この図ではターゲットAとターゲットBが存在し、位相回転角 ϕ はターゲットBの方位角 α_B と一致している。この時、ターゲットBからの反射信号は受信されず、ターゲットAからの反射信号だけを受信している状態となっている。つまり、ドップラーシフト周波数が同一のターゲットが2つある場合であっても、両者からの反射信号が合成されない状態を信号処理により生成している。

【0060】

一方、図8Bは、2つの受信アンテナの受信信号に所定の演算を実施することで生成されたアンテナ利得の低い方位角方向が、2つあるターゲットのうちいずれとも一致していない様子を示している。このように、低利得方向がターゲット方向と一致していない場合は、2つのターゲットからの反射信号は合成されている。この状態は2つの反射信号が干渉しているとも表現される。

【0061】

図8Bのようなときは2つの信号が合成されるため、個々の方位角を計測することはできない。図8Aの状態が起きているときは、その位相回転角 ϕ がわかれば、ターゲットの方位角位置がわかることになる。しかし、実際に計算する際には、低利得方向を全方位角方向スキャンしており、どの方向に向けたときに、図8Aの状態になっているかはわからない。

【0062】

そこで、以下の方法により、ターゲットの方位角を決定する。

まず、（式1）で表される $XS(\phi)$ の、位相回転角 ϕ を検知角度範囲内で例えば0.1度刻みで変化させながら計算する。そして $XS(\phi)$ の絶対値を位相回転角 ϕ の関数として描くと例えば図11中のヌル点走査曲線110のようになる。本発明では、このようにして生成される曲線をヌル点走査曲線と定義する。この時の時刻を T_i とする。続いて時刻が微少時間 T だけ過ぎた $T_i + T$ でも同じ計算処理を行い、同様の曲線を描くと例えば図11中のヌル点走査曲線120のようになる。ここで微少時間 T だけ離れた時刻とは例えば数十ミリ秒程度の固定値でも良いし、あるいは数十ミリ秒程度の初期値を基準として車速センサ30やヨーレートセンサ31から得られる自車両の走行状況の情報に応じて変化させても構わない。

【0063】

以下では、上記2本のヌル点走査曲線110、120の交点の位相回転角 ϕ が、ターゲットの方位角位置 α_A, α_B となっていることを説明する。

【0064】

図8Aの状態は、ターゲットAからの反射信号のみが受信されている状態である。この後、レーダが微少に動いただけではその信号強度はほとんど変化しない。つまり $XS(\alpha_A)$ の絶対値は時刻 T_i 、時刻 $T_i + T$ でほぼ同じ値となる。これは図9A、図9Bを用いて以下のように解釈することもできる。時刻 T_i においてヌル点がターゲットBを向いていた場合、ターゲットAからの反射波の強度を図9A中の太線100の長さ L_1 で表すとする。次に時刻 $T_i + T$ の時も同様にターゲットAからの反射波の強度を図9B中の太線101で表す。この時、 $T_i + T - T_i$ が小さければ太線100、太線101の長さ L_2 は等しいと考えることができる。

10

20

30

40

50

【0065】

同様に、低利得方向がターゲットAを向いた時はターゲットBからの反射信号のみを受信している状態であるため、時刻 T_i と時刻 $T_i + T$ で $X_S()_B$ はほぼ等しくなる。

【0066】

一方、位相回転角 ϕ がターゲット位置とは異なる方位角である場合、2つのターゲットからの反射信号は干渉し合うため、時刻の経過に伴いレーダの位置が移動してターゲットとの位置関係が変化すると、両者の反射信号の合成のされ方が異なる。この場合、一般に合成信号の強度は大きく変動し、 $X_S()$ は時刻 T_i と $T_i + T$ で異なる値となる(L_1, L_2)。以上の振る舞いを表に纏めたのが図10である。

【0067】

すなわち、 $\phi = A, B$ の時(低利得方向がターゲットを向いている時)、片方の反射信号のみ受信しており、かつその強度は同一である。一方、この条件以外のとき、両ターゲットからの反射信号が干渉している。そして、一般に、反射信号の強度は時刻変動する。

【0068】

以上のことから、2つのヌル点走査曲線110、120の交点の位置を求めれば、ターゲットAとターゲットBの方位角位置 ϕ_A, ϕ_B が求まることがわかる。

【0069】

なお、僅かに異なる時間差 T が長すぎると、太線100、太線101の長さが等しい状態を検知し難くなり干渉状態にある2つの反射信号を識別し難くなる。逆に、時間差 T が短すぎると、太線100、太線101の長さが等しい状態のデータを不必要に多く取得することになる。換言すると、本発明において、僅かに異なる時間差 T は、低利得方向が1つのターゲットを向いた時に他方のターゲットからの反射信号 $X_S()_B$ がほぼ等しい状態として検知される適度の数のデータを取得するのに適した時間間隔として、適宜設定すればよいことが分かる。

【0070】

以上に説明した処理に従えば、受信アンテナが2チャンネルしかない場合であっても、ドップラー周波数が一致する2つのターゲットの方位角を個別に計測することが可能となるため、図12の様なシーンでもレーダ出力結果は2つのポイント98に示されるようになり、実際の2つのターゲット位置と一致する。したがって、一般的なモノパルス方式を利用する場合と比べて誤検知出力を低減することが可能となる。

【0071】

図13A、図13Bは、本発明の実施例に基づくレーダ装置と従来のモノパルス方式に基づくレーダ装置を夫々車に搭載して、ターゲット位置検出処理を行った実験結果の一例を示すものであり、図13Aが本発明の実施例、図13Bが従来のモノパルス方式による結果を示す。いずれの場合も、前提として、レーダ装置は受信アンテナが2チャンネルから構成されており、自車の前方の検出領域内に2つのターゲットが位置し(図12の様なシーン)、かつ、自車の速度が前方を走行する2つのターゲットの速度よりも大きいものとする。本発明の実施例によれば、(A)に示すとおり、2つのターゲットの角度が最小分離可能角度と等しくなる距離よりも近距離側において2つのターゲットを明確に識別し区別できている。一方、従来のモノパルス方式では、(B)に示すとおり、あたかも1つのターゲットがふらついているかのように検出される。これは、2つのターゲットからの反射信号が干渉しているためである。

【0072】

このように、本発明によれば、ドップラーシフト周波数が同一となる2つのターゲットが存在する場合でも、簡単な構成で、例えば、モノパルス方式を採用したレーダ装置のハード構成に時間差方式方位角算出の機能を付加することで、2つのターゲットそれぞれの方位角を計測することが可能な信号処理手段を有したレーダ装置を提供することができる。

【0073】

10

20

30

40

50

なお、レーダ装置が静止状態にある場合でも、このレーダ装置に対して相対的に移動するターゲットに対しては、時間差方式方位角算出ユニット21等を備えた信号処理回路10において、上記信号処理を用いることによりこのターゲットの方位角を計測することができることは言うまでも無い。すなわち、電波を放射しその反射波を処理して物体を検出するレーダ装置において、レーダ装置に装着されたアンテナにより現在取得された計測データと、ターゲットとアンテナとの相対的な位置関係が現在の時刻とは微小時間Tだけ異なる時刻に取得された計測データとを単位のデータセットとして使用して時間差方式で方位角を算出することで、2つのターゲットそれぞれの方位角を計測することができる。

【0074】

以上述べた実施例では、本発明のレーダ装置を車両に搭載して用いることを想定したが、用途は自動車用に限るものではない。たとえば、航空機や船舶に設置して障害物を監視し、走行制御や警告を行う装置として使用することもできる。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図1A】同じアンテナが僅かに異なる場所に位置していたとき（時刻 T_i ）の過去のデータと、現在の位置（時刻 $T_i + T$ ）におけるデータとを共に使用して、対象物の方位角を計測する、本発明の動作原理を説明する図である。

【図1B】本発明におけるアンテナの僅に異なる場所に相当する微小時間Tを説明する図である。

【図2A】2つの受信信号のうち、片方の位相を回転させながら両者の線型和を計算することによりアンテナ利得の小さい方位角方向を信号処理的に生成する様子を示す図である。

【図2B】2つの受信アンテナの受信信号に所定の演算を実施することで、アンテナゲインの低い方位角方向を生成し、さらにそれを方位角方向にスキャンしている様子を示す、本発明の動作原理の説明図である。

【図3】本発明の一実施例になるレーダ装置の機能ブロック図である。

【図4】図3のターゲット位置算出部のより具体的な構成例を示す図である。

【図5】本発明の実施例になるレーダ装置における、検知物体の位置情報などを計測する信号処理のフローチャートである。

【図6A】本発明の実施例における、発振器の発振周波数パターンの一例を示す図である。

【図6B】送信電波が移動物体で反射することによって生じるドップラー周波数がピークとして観測されることを表す周波数スペクトルの図である。

【図7】本発明の実施例におけるターゲットの方位角度を計測する処理のフローチャートである。

【図8A】2つの受信アンテナの受信信号に所定の演算を実施することで生成したアンテナ利得の低い方位角方向が、2つあるターゲットのうち1つの方向と一致している様子を示す図である。

【図8B】2つの受信アンテナの受信信号に所定の演算を実施することで生成したアンテナ利得の低い方位角方向が、2つあるターゲットのうちいずれとも一致していない様子を示す図である。

【図9A】アンテナ利得の低い方角がターゲットBの方位角度と一致していれば、アンテナが微少に進んでも受信される信号強度は一定であることを示す図であって、時刻 T_i におけるアンテナとターゲットとの位置関係を示す図である。

【図9B】アンテナ利得の低い方角がターゲットBの方位角度と一致していれば、アンテナが微少に進んでも受信される信号強度は一定であることを示す図であって、時刻 $T_i + T$ におけるアンテナとターゲットとの位置関係を示す図である。

【図10】ターゲットが複数ある場合に、アンテナゲインの低い方位角方向がターゲットの方向と一致している場合と一致していない場合で、強度の時刻変動に差異が生じることを説明する図である。

10

20

30

40

50

【図11】2つの受信アンテナの受信信号に所定の演算を実施することで得られた信号強度の方位角依存性を、微少時間 T だけ離れた2つの時刻のデータから描いた図である。

【図12】図17Bのシーンにおいて、本発明のレーダ装置で計測されるターゲット位置を示す図である。

【図13A】本発明の実施例に基づくレーダ装置を車に搭載して、ターゲット位置検出処理を行った実験結果の一例を示す図である。

【図13B】従来のモノパルス方式に基づくレーダ装置を車に搭載して、ターゲット位置検出処理を行った実験結果の一例を示す図である。

【図14】従来例のスキャン方式の原理を示す図である。

【図15A】従来例のモノパルス方式を、パッチアンテナを用いて実施する場合のアンテナ構成例を示すためのアンテナの平面図である。 10

【図15B】従来例のモノパルス方式を、パッチアンテナを用いて実施する場合のアンテナ構成例を示すためのアンテナの断面図である。

【図16A】従来例のモノパルス方式を実現する2つのアンテナで受信した信号の和信号と差信号の方位角依存性を示す図である。

【図16B】従来例のモノパルス方式による方位角計測の原理を示す図である。

【図17A】レーダを搭載した車両と検知すべき車両の位置関係を示す図である。

【図17B】従来例のモノパルス方式では正しく検知できない、走行シーンを示す図である。

【符号の説明】

【0076】

1 … レーダ装置の高周波回路、

2 … 変調器、

3 … 送信アンテナ、

4 (a) , 4 (b) … 受信アンテナ、

5 … 発信器、

6 … 電力増幅器、

7 a , 7 b … ミキサ回路、

8 a , 8 b … 電力増幅器、

9 a , 9 b … A / D コンバータ、

10 … 信号処理部、

11 … 高速フーリエ変換(FFT)処理部、

12 … ピークサーチ処理部、

13 … メモリ、

14 … 物体追跡処理部、

20 … ターゲット位置算出部、

21 … 時間差方式方位角算出ユニット、

211 … ヌル点走査曲線算出部、

212 … ヌル点走査曲線比較部、

213 … ヌル点走査曲線記憶部、

22 … モノパルス方式方位角算出ユニット、

23 … 相対速度算出ユニット、

24 … 距離算出ユニット、

25 … 時間差設定ユニット、

26 … ターゲット数判定ユニット、

50 … 周波数スペクトルのピーク、

60 … 2つの受信アンテナにより取得された2つの受信信号に所定の演算を実施することで構成されたビームパターン、

80 … レーダを搭載した車両、

81 … レーダ装置、

20

30

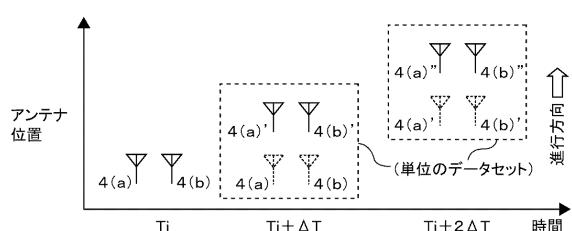
40

50

9 0、9 2, 9 4 … 前方を走行する車両、
 9 6 … モノパルス方式の原理で計測された、誤検知出力位置、
 9 8 … 本発明のレーダ装置で計測されたターゲットの出力位置、
 1 1 0 … (式 1) で計算される $X_S(\cdot)$ の時刻 T_i における絶対値、
 1 2 0 … (式 1) で計算される $X_S(\cdot)$ の時刻 $T_i + \Delta T$ における絶対値、
 3 0 1 … スキャン方式を採用しているレーダ装置のアンテナ、
 3 0 2 … スキャン方式を採用しているレーダ装置のアンテナから放射されるビームパターン。

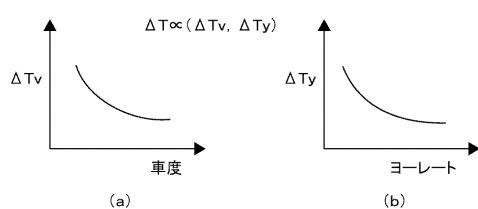
【図 1 A】

図 1 A



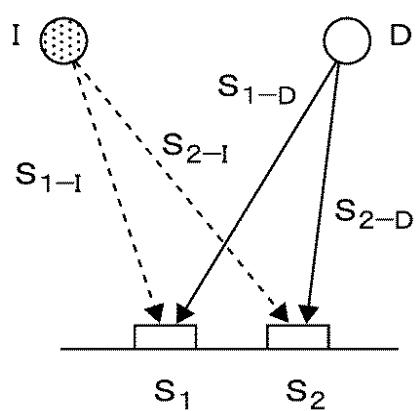
【図 1 B】

図 1 B



【図 2 A】

図 2 A



【図2B】

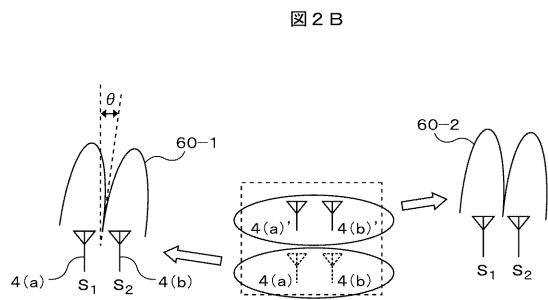


図2B

【図3】

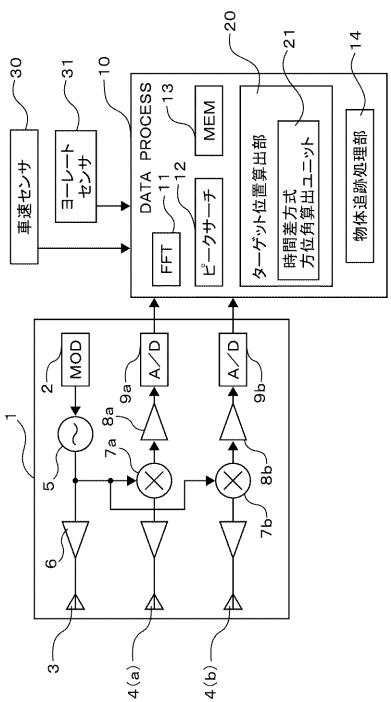


図3

【図4】

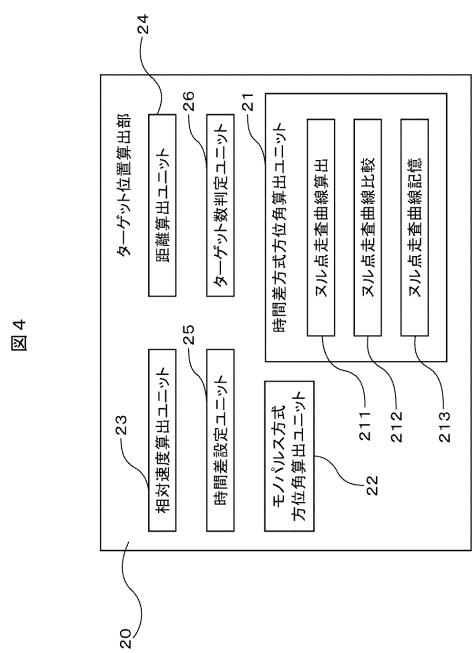


図4

【図5】

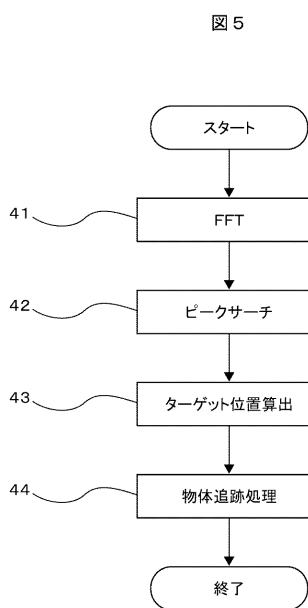
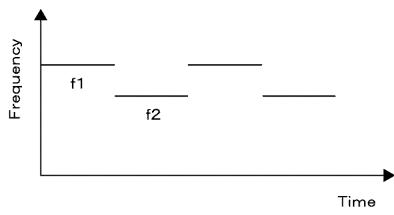


図5

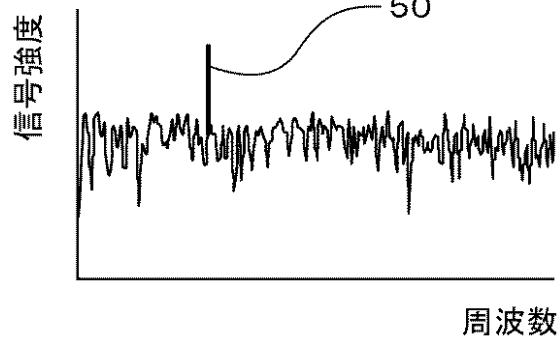
【図 6 A】

図 6 A



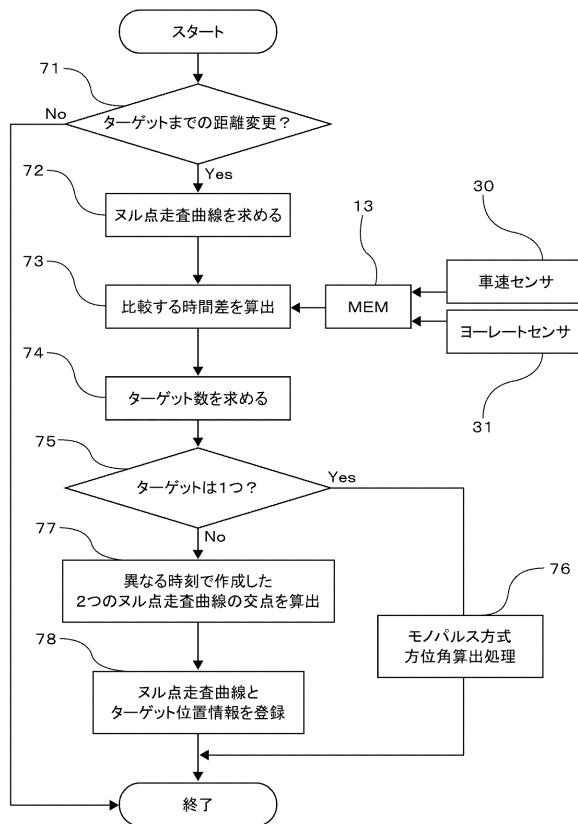
【図 6 B】

図 6 B

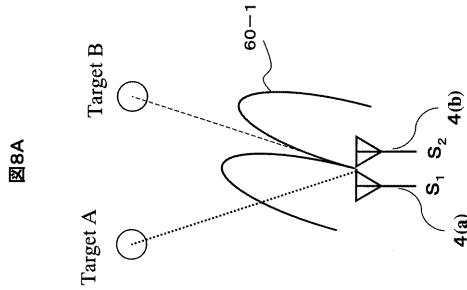


【図 7】

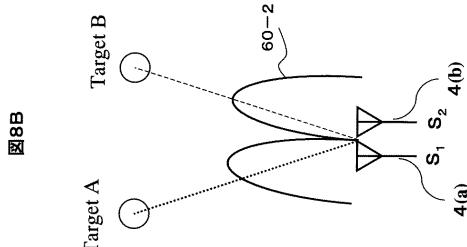
図 7



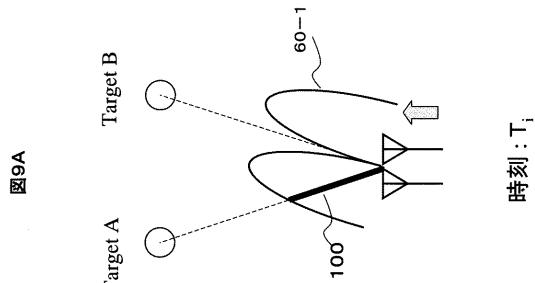
【図 8 A】



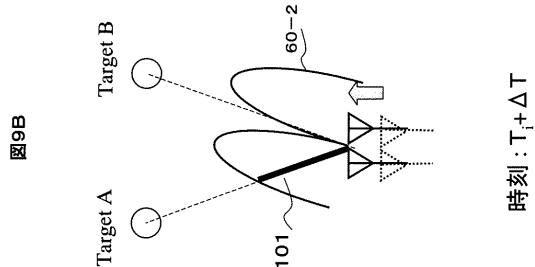
【図 8 B】



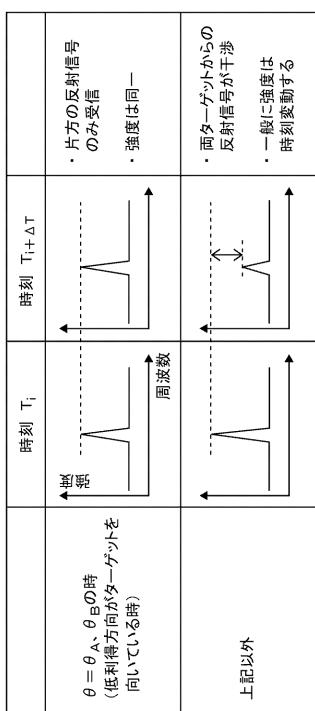
【図 9 A】



【図 9 B】

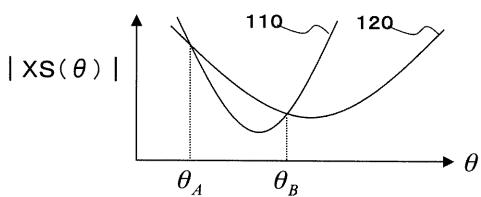


【図10】

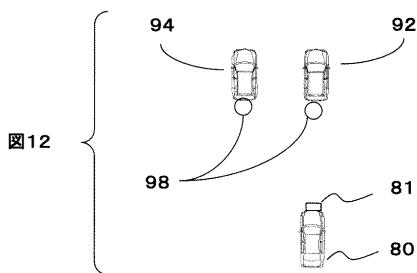


【図11】

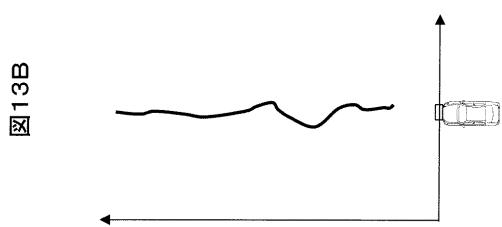
図11



【図12】

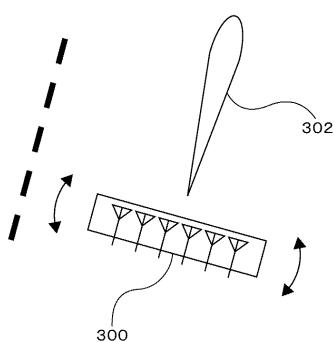


【図13B】



【図14】

図14

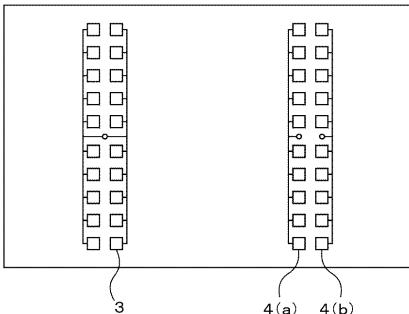


【図13A】



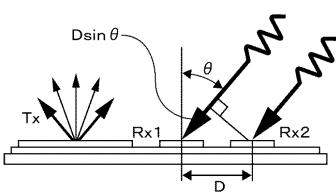
【図15A】

図15A



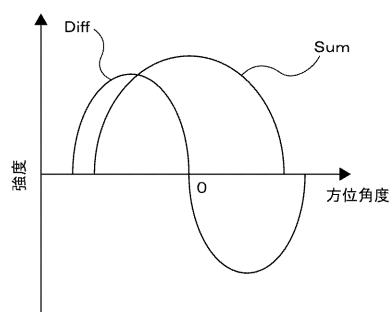
【図15B】

図15B



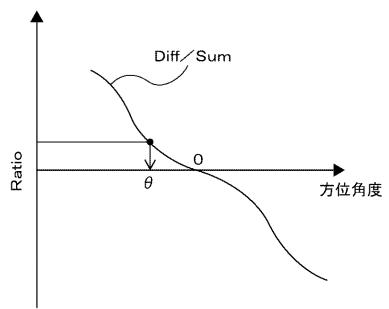
【図 16 A】

図 16 A



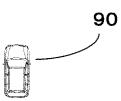
【図 16 B】

図 16 B



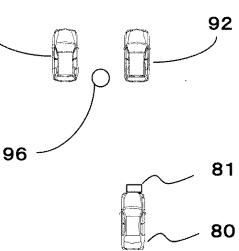
【図 17 A】

図 17 A



【図 17 B】

図 17 B



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-125672(JP,A)
特開2003-014843(JP,A)
特開平11-133143(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 7/00-42, 13/00-95