

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7004520号  
(P7004520)

(45)発行日 令和4年2月4日(2022.2.4)

(24)登録日 令和4年1月6日(2022.1.6)

(51)国際特許分類	F I
G 0 1 S 13/42 (2006.01)	G 0 1 S 13/42
G 0 8 G 1/16 (2006.01)	G 0 8 G 1/16 C
G 0 1 S 7/02 (2006.01)	G 0 1 S 7/02 2 1 0
G 0 1 S 13/931 (2020.01)	G 0 1 S 13/931

請求項の数 4 (全13頁)

(21)出願番号	特願2017-131672(P2017-131672)	(73)特許権者	000004330 日本無線株式会社 東京都三鷹市牟礼六丁目2 1 番 1 1 号
(22)出願日	平成29年7月5日(2017.7.5)	(74)代理人	100126561 弁理士 原嶋 成時郎
(65)公開番号	特開2019-15555(P2019-15555A)	(72)発明者	時枝 幸伸 東京都三鷹市牟礼六丁目2 1 番 1 1 号 日本無線株式会社内
(43)公開日	平成31年1月31日(2019.1.31)	(72)発明者	津田 和俊 東京都三鷹市牟礼六丁目2 1 番 1 1 号 日本無線株式会社内
審査請求日	令和2年7月3日(2020.7.3)	審査官	山下 雅人

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーダ装置および高さ測定方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

目標に向けて送信波を送信する送信手段と、異なる高さに配設された複数の受信アンテナによって、前記目標の頂部と麓部とで反射した反射波を受信し、前記反射波の強度に応じた受信信号を出力する受信手段と、前記受信信号を、前記受信アンテナから前記目標までの距離と、前記目標との相対速度とに基づいて分離する信号分離手段と、分離された前記受信信号各々の位相を比較して検出される位相差に基づいて、前記受信アンテナに対する前記頂部と前記麓部とのうちのどちらか一方の仰角および他方の仰角を算出し、前記仰角と前記距離とから前記目標の高さを算出する高さ算出手段と、を備えることを特徴とするレーダ装置。

【請求項 2】

前記目標は、前記頂部が略水平方向に延びるように配された段差であり、前記送信手段は、前記送信波として水平偏波を送信する、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】

前記目標の高さが所定高さ以上である場合に目標検知信号を出力する、ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のレーダ装置。

【請求項 4】

目標に向けて送信波を送信し、異なる高さに配設された複数の受信アンテナによって、前

記目標の頂部と麓部とで反射した反射波を受信し、前記反射波の強度に応じて出力された受信信号に基づいて、前記目標の高さを測定する高さ検出方法であって、前記受信信号を、前記受信アンテナから前記目標までの距離と、前記目標との相対速度とに基づいて分離する信号分離ステップと、分離された前記受信信号各々の位相を比較して検出される位相差に基づいて、前記受信アンテナに対する前記頂部と前記麓部とのうちのどちらか一方の仰角および他方の仰角を算出し、前記仰角と前記距離とから前記目標の高さを算出する高さ算出ステップと、を備えることを特徴とする高さ測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、目標からの反射波を利用して目標の高さを測定するレーダ装置と、その高さ測定方法とに関する。

【背景技術】

【0002】

自動車の自動ブレーキシステムなどで前方の車両などを検知するためのセンサとして、耐天候性の高いレーダ装置が普及している。このレーダ装置は、送信アンテナから目標に向けて送信波（電磁波）を送信し、目標で反射した反射波を受信アンテナで受信し、反射波の強度に応じて出力された受信信号に基づいて目標を検知するものであり、車両を駐車する際や、車両の発進時に、周辺の障害物を検知するための障害物センサとしての利用も進んでいる（例えば、特許文献1参照）。

20

【0003】

ところで、車両周辺の障害物として、比較的高さが低い障害物を精度よく検知することが望まれている。比較的高さが低い障害物とは、例えば、道路脇に設置されている縁石などの段差である。一般的な縁石は、車両の通行を阻止するために高さが15cm程度とされており、誤って車両が乗り上げてしまうと車両が破損する可能性がある。また、道路脇には、車両の乗り入れを可能にするために、高さが縁石よりも低くされた切欠部が設けられている。したがって、車両の障害物センサでは、縁石よりも低い段差は検知せず、縁石よりも高い段差を精度よく検知することが望ましい。

【0004】

30

レーダ装置によって縁石（目標）を検知するには、例えば、縁石に向けて送信波を送信して、縁石の頂部（上部の角部）と、縁石の麓部（下部の凹部）とで反射した反射波を受信し、得られた受信信号に基づいて、受信アンテナに対する頂部および麓部の仰角を検出すれば、仰角から縁石の高さを算出することは可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2015-105915号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

しかしながら、障害物センサとして利用されている従来のレーダ装置は、角度分解能が低いので、縁石のような15cm程度の段差の頂部と麓部とを区別して検出することはできなかった。特に縁石のような目標では、麓部がいわゆるコーナーリフレクタとなって強い反射波を発生し、この麓部の反射波に頂部の反射波が埋もれてしまうので、縁石の頂部と麓部とを区別して検知すること自体ができなかった。

【0007】

本発明は、上記課題を解決するために、縁石のように比較的高さが低い目標でも精度よく高さを測定することが可能なレーダ装置および高さ測定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】

50

## 【 0 0 0 8 】

上記課題を解決するために、請求項 1 のレーダ装置は、目標に向けて送信波を送信する送信手段と、異なる高さに配設された複数の受信アンテナによって、前記目標の頂部と麓部とで反射した反射波を受信し、前記反射波の強度に応じた受信信号を出力する受信手段と、前記受信信号を前記受信アンテナから前記目標までの距離と、前記目標との相対速度とに基づいて分離する信号分離手段と、分離された前記受信信号各々の位相を比較して検出される位相差に基づいて、前記受信アンテナに対する前記頂部と前記麓部とのうちのどちらか一方の仰角および他方の仰角を算出し、前記仰角と前記距離とから前記目標の高さを算出する高さ算出手段と、を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

また、請求項 4 は、目標に向けて送信波を送信し、異なる高さに配設された複数の受信アンテナによって、前記目標の頂部と麓部とで反射した反射波を受信し、前記反射波の強度に応じて出力された受信信号に基づいて、前記目標の高さを測定する高さ検出方法であって、前記受信信号を前記受信アンテナから前記目標までの距離と、前記目標との相対速度とに基づいて分離する信号分離ステップと、分離された前記受信信号各々の位相を比較して検出される位相差に基づいて、前記受信アンテナに対する前記頂部と前記麓部とのうちのどちらか一方の仰角および他方の仰角を算出し、前記仰角と前記距離とから前記目標の高さを算出する高さ算出ステップと、を備えることを特徴とする。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 1 および請求項 4 に記載の発明によれば、送信手段は、目標に向けて送信波を送信し、受信手段は、異なる高さに配設された複数の受信アンテナによって、目標の頂部と麓部とで反射した反射波を受信し、反射波の強度に応じて受信信号を出力する。信号分離手段および信号分離ステップは、受信信号を受信アンテナから目標までの距離と、目標との相対速度とに基づいて分離する。信号抽出手段および信号抽出ステップは、分離された受信信号から、受信アンテナごとに、頂部までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号と、麓部までの距離が同一でかつ相対速度が同一な麓部受信信号とを抽出する。次いで、高さ算出手段および高さ算出ステップは、頂部受信信号同士および麓部受信信号同士の位相差に基づいて受信アンテナに対する頂部および麓部の仰角を算出し、算出した仰角から目標の高さを算出する。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 2 は、請求項 1 に記載のレーダ装置であって、前記目標は、前記頂部が略水平方向に延びるように配された段差であり、前記送信手段は、前記送信波として水平偏波を送信する、ことを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 3 は、請求項 1 または 2 に記載のレーダ装置であって、前記目標の高さが所定高さ以上である場合に目標検知信号を出力する、ことを特徴とする。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 3 】

請求項 1 および請求項 4 に記載の発明によれば、目標からの反射信号を、目標の頂部および麓部までの距離および相対速度に基づいて分離し、分離された受信信号から、受信アンテナごとに、頂部までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号と、麓部までの距離が同一でかつ相対速度が同一な麓部受信信号とを抽出し、頂部受信信号同士および麓部受信信号同士の位相差に基づいて受信アンテナに対する頂部および麓部の仰角を算出するので、比較的高さが低い縁石などであっても、目標までの距離および相対速度に基づき、その頂部と麓部の受信信号を分離して、目標の高さを精度よく算出することが可能となる。

## 【 0 0 1 4 】

請求項 2 に記載の発明によれば、送信波として水平偏波を利用するので、縁石のように頂部が略水平方向に延びるように配された段差からの反射波を強くすることができる。したがって、目標が縁石のような段差であっても、その頂部を検出することが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 5 】

請求項 3 に記載の発明によれば、目標の高さが所定高さ以上である場合に目標検知信号を出力するので、目標検知信号に基づいて目標の存在を報知し、あるいは目標を回避するための動作を行うトリガーとして利用することができるので、この目標に対する衝突などを回避することが可能である。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 6 】

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

【 図 2 】 縁石に対する水平偏波の送信波を示す説明図である。

【 図 3 】 図 1 の受信アンテナと縁石との距離を示す説明図である。

10

【 図 4 】 図 1 の受信アンテナと縁石との相対速度を示す説明図である。

【 図 5 】 縁石で反射した反射波の受信信号を示すグラフである。

【 図 6 】 図 5 の受信信号を縁石までの距離に基づいて分離した信号を示すグラフである。

【 図 7 】 2 つの受信アンテナから見た縁石の頂部および麓部の仰角を示す説明図である。

【 図 8 】 分離された受信信号から抽出した頂部受信信号および麓部受信信号を示すグラフである。

【 図 9 】 図 1 のレーダ装置による目標の高さ測定手順を示すフローチャートである。

【 図 1 0 】 受信アンテナにアレーアンテナを利用した実施の形態に 2 における受信部の構成を示すブロック図である。

【 図 1 1 】 図 1 0 のアレーアンテナをデジタルビームフォーミング処理して得た補間信号を示すグラフである。

20

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 7 】

以下、この発明を図示の実施の形態に基づいて説明する。

## 【 0 0 1 8 】

## [ 実施の形態 1 ]

図 1 から図 9 は、この発明の実施の形態を示し、図 1 は、この実施の形態に係るレーダ装置 1 を示すブロック図である。このレーダ装置 1 は、例えば、自動車の前部または後部のバンパーなどに設けられて周辺の障害物を検知するためのものであり、より具体的には、壁や塀、歩行者などの比較的高さが高い障害物から、高さが比較的低い縁石などの段差まで精度よく検知する機能を備えている。

30

## 【 0 0 1 9 】

レーダ装置 1 は、例えば、送信波と反射波との周波数差から目標を検知して、その高さを測定する位相モノパルス方式の FMCW ( Frequency Modulated Continuous Wave ) レーダである。このレーダ装置 1 は、送信部 ( 送信手段 ) 2、受信部 ( 受信手段 ) 3、信号処理部 ( 信号分離手段、高さ算出手段および報知手段 ) 4 および報知部 5 を備えている。

## 【 0 0 2 0 】

送信部 2 は、変調器 2 1 と、電圧制御発振器 2 2 と、送信アンテナ 2 3 とを備えている。変調器 2 1 は、電圧制御発振器 2 2 に対する印加制御電圧を調整して、中心周波数が 7 9 GHz、周波数変調幅が 4 GHz の三角波変調信号 ( 送信信号 ) を生成する機能を備えている。送信アンテナ 2 3 は、送信信号を水平偏波の送信波として、車両から、例えば数 m ~ 数十 m の範囲の前方に向けて放射する機能を備えている。

40

## 【 0 0 2 1 】

本実施の形態において、送信波に水平偏波を利用するのは、目標である縁石の頂部を精度よく検出するためである。図 2 に示すように、縁石 6 は、自動車が走行する車道 7 に接した麓部 6 1 と、麓部 6 1 から略垂直に立ち上がった頂部 6 2 とを有し、麓部 6 1 および頂部 6 2 は、略水平方向に延びるように平行に設けられている。このような縁石 6 に向けて送信波を送信すると、麓部 6 1 では、車道 7 と縁石 6 の側面とがコーナーリフレクタとなって確実に送信波を反射するので強い反射波が得られる。しかしながら、頂部 6 2 の反射

50

面は、レーダ装置 1 から見て 1 c m に満たない幅しかないため、反射波が微弱になり、麓部 6 1 の反射波に埋もれてしまう。しかしながら、送信波として、電界成分が頂部 6 2 と略平行な水平偏波 T X を利用することにより、垂直偏波や円偏波を利用した場合に比べて、頂部 6 2 からの反射波の強度を強くすることが可能となる。

**【 0 0 2 2 】**

また、本実施の形態において、送信信号に 7 9 G H z 帯の信号を利用するのは、高さが 1 5 c m 程度の縁石 6 の麓部 6 1 と頂部 6 2 とを精度よく検出するためである。7 9 G H z 帯レーダは、従来の 7 7 G H z 帯レーダや 2 4 G H z 帯レーダに比べて、高分解能で広角検知が可能であり、適切な周波数変調幅を選択することで、4 c m 弱の距離分解能および 0 . 1 k m / h 程度の速度分解能を得ることができる。なお、送信アンテナ 2 3 を 1 つの場合について説明したが、送信アンテナ 2 3 は複数設けられていてもよい。

10

**【 0 0 2 3 】**

受信部 3 は、異なる高さに設置された少なくとも 2 つの受信アンテナ 3 1 A、3 1 B と、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B に接続されたミキサ 3 2 A、3 2 B と、増幅部 3 3 A、3 3 B と、A / D 変換部 3 4 A、3 4 B と、F F T 回路 3 5 A、3 5 B とを備える。

**【 0 0 2 4 】**

受信アンテナ 3 1 A、3 1 B は、例えば、受信アンテナ 3 1 A が受信アンテナ 3 1 B よりも高い位置に設置されており、縁石 6 の麓部 6 1 と頂部 6 2 とで反射された水平偏波の反射波を受信し、受信強度に応じた受信信号を出力する機能を備えている。なお、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B は、水平方向に複数設置されていてもよい。ミキサ 3 2 A、3 2 B は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から出力された受信信号に、送信部 2 から入力された送信信号を混合する機能を備えている。増幅部 3 3 A、3 3 B は、送信信号が混合された受信信号を増幅するアンプである。A / D 変換部 3 4 A、3 4 B は、増幅された受信信号をアナログ信号からデジタル信号に変換する機能を備えている。F F T 回路 3 5 A、3 5 B は、デジタルの受信信号に高速フーリエ変換などの周波数解析処理を行って、送信信号および受信信号の周波数成分を抽出する機能を備えている。

20

**【 0 0 2 5 】**

信号処理部 4 は、信号分離部（信号分離手段）4 1 と、信号抽出部 4 2（信号抽出手段）と、高さ算出部（高さ算出手段）4 3 とを備えている。信号処理部 4 は、例えば、C P U と、この C P U に規定の動作をさせるプログラムが記憶されたメモリなどから構成されており、C P U がプログラムにしたがって動作することで、信号分離部 4 1、信号抽出部 4 2 および高さ算出部 4 3 として機能する。

30

**【 0 0 2 6 】**

信号分離部 4 1 は、F F T 回路 3 5 A、3 5 B で抽出された送信信号および受信信号の周波数成分から、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B と縁石 6 の頂部 6 2 との間の距離および相対速度と、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B と麓部 6 1 との間の距離および相対速度とを検出し、受信信号を受信アンテナから目標までの距離と、目標との相対速度とに基づいて分離する機能を備えている。

**【 0 0 2 7 】**

信号抽出部 4 2 は、信号分離部 4 1 で分離された信号から、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B ごとに、頂部 6 2 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号と、麓部 6 1 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な麓部受信信号とを抽出する機能を備えている。

40

**【 0 0 2 8 】**

高さ算出部 4 3 は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B の頂部受信信号同士および麓部受信信号同士を比較して位相差を検出し、この位相差から、2 つの受信アンテナ 3 1 A、3 1 B に対する頂部 6 2 および麓部 6 1 の仰角を算出し、この仰角から縁石（目標）6 の高さを算出する機能を備えている。

**【 0 0 2 9 】**

また、信号処理部 4 は、目標の高さが縁石 6 と同程度の 1 5 c m 以上である場合に、報知部 5 に目標検知信号を出力する機能を備えている。報知部 5 は、例えば、車内に設置され

50

たランプやブザーであり、目標検知信号が入力された場合に、前方に縁石 6 が存在することを運転者に報知する。なお、目標検知信号を、自動車のブレーキを自動的に動作させる自動ブレーキシステムなどに出し、目標の高さが所定高さ以上である場合に自動車を自動的に停止させてもよいし、目標検知信号が出力された場合に、走行中の自動車の目標方向への移動が規制されるようにブレーキシステムを制御してもよい。

#### 【 0 0 3 0 】

図 3 は、自動車 C に設けられた受信アンテナ 3 1 A、3 1 B と、目標である縁石 6 との位置関係を側方から見た状態を示す概略図である。この概略図において、受信アンテナ 3 1 A と受信アンテナ 3 1 B との高さ方向の間隔が「 $d$ 」、縁石 6 の車道 7 から頂部 6 2 までの高さが「 $h$ 」となっている。また、受信アンテナ 3 1 A から頂部 6 2 までの距離が「 $R 1 1$ 」、受信アンテナ 3 1 A から麓部 6 1 までの距離が「 $R 2 1$ 」であり、受信アンテナ 3 1 B から頂部 6 2 までの距離が「 $R 1 2$ 」、受信アンテナ 3 1 B から麓部 6 1 までの距離が「 $R 2 2$ 」である。なお、高さが 1 5 c m 程度の縁石 6 の高さを測定するには、アンテナ間隔  $d$  と、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から麓部 6 1 および頂部 6 2 までの距離  $R 1$  および  $R 2$  は、「 $d < R 1, R 2$ 」となっている。

10

#### 【 0 0 3 1 】

なお、位相モノパルス方式のレーダ装置では、1つの受信アンテナで仰角を検出することはできないが、図 3 では、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B と縁石 6 との位置関係を説明するために、受信アンテナ 3 1 A に対する頂部 6 2 の仰角を「 $\theta 1 1$ 」、麓部 6 1 に対する仰角を「 $\theta 2 1$ 」として便宜的に表し、受信アンテナ 3 1 B に対する頂部 6 2 の仰角を「 $\theta 1 2$ 」、麓部 6 1 に対する仰角を「 $\theta 2 2$ 」として便宜的に表している。

20

#### 【 0 0 3 2 】

また、図 4 に示すように、自動車 C の速度が  $V$  である場合、受信アンテナ 3 1 A と頂部 6 2 との相対速度は、上記で便宜的に示した仰角を用いることにより「 $V \cos \theta 1 1$ 」となり、受信アンテナ 3 1 A と麓部 6 1 との相対速度は、「 $V \cos \theta 2 1$ 」となる。同様に、受信アンテナ 3 1 B と頂部 6 2 との相対速度は、「 $V \cos \theta 1 2$ 」となり、受信アンテナ 3 1 B と麓部 6 1 との相対速度は、「 $V \cos \theta 2 2$ 」となる。

#### 【 0 0 3 3 】

図 5 は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B の受信信号  $8 1$ 、 $8 2$  の一例を示すグラフである。なお、上述したように、位相モノパルス方式のレーダ装置では、1つの受信アンテナで仰角を検出することはできないが、受信信号  $8 1$ 、 $8 2$  を図 5 のグラフ上で表示するために、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B に対する縁石 6 の仰角を便宜上の座標軸として用いている。このグラフから分かるように、受信信号  $8 1$ 、 $8 2$  には、縁石 6 の頂部 6 2 からの反射を表す大きな山と、麓部 6 1 からの反射を表す小さな山とが含まれており、高い位置に設置されている受信アンテナ 3 1 A の受信信号  $8 1$  のほうが仰角は大きくなっている。

30

#### 【 0 0 3 4 】

信号分離部 4 1 は、受信信号  $8 1$ 、 $8 2$  を、縁石 6 までの距離と相対速度とに基づいて分離する。図 6 は、信号分離部 4 1 による信号分離の一例として、受信信号  $8 1$  を距離  $R$  に基づいて分離した信号を示している。なお、このグラフでも仰角を便宜的に用いている。このグラフから分かるように、受信信号  $8 1$  を距離  $R$  に基づいて分離すると、近距離では縁石 6 の頂部 6 2 からの反射が優位に表れ、距離が遠ざかるにしたがって頂部 6 2 からの反射が小さくなり、麓部 6 1 からの反射が優位に表れる。本実施の形態では、中心周波数が 7 9 G H z 帯の送信信号を利用しているので、周波数変調幅を適切に選択すれば、頂部 6 2 までの距離および相対速度と、麓部 6 1 までの距離および相対速度を利用して、受信信号  $8 1$ 、 $8 2$  を高分解能で分離することができる。

40

#### 【 0 0 3 5 】

信号抽出部 4 2 は、縁石 6 の頂部 6 2 に関する仰角  $\theta 1 1$  と仰角  $\theta 1 2$  とが「 $\theta 1 1 = \theta 1 2$ 」となる条件、すなわち、図 7 に示すように、2つの受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から見た頂部 6 2 の仰角  $\theta 1$  を決定する。また、信号抽出部 4 2 は、縁石 6 の麓部 6 1 に関する仰角  $\theta 2 1$  と仰角  $\theta 2 2$  とが「 $\theta 2 1 = \theta 2 2$ 」となる条件、すなわち、2つの受信

50

アンテナ 3 1 A、3 1 B から見た麓部 6 1 の仰角  $\theta_2$  を決定する。

【0036】

また、信号抽出部 4 2 は、信号分離部 4 1 で距離および相対速度に基づいて分離された受信信号 8 1、8 2 から、頂部 6 2 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号と、麓部 6 1 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な麓部受信信号とを抽出する。図 8 は、受信信号の抽出結果の一例として、受信信号 8 1、8 2 から、距離および相対速度に基づいて抽出された信号を示している。符号 8 A 1、8 A 2 は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から頂部 6 2 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号である。また、符号 8 B 1、8 B 2 は、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から麓部 6 1 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な麓部受信信号である。なお、このグラフでも仰角  $\theta_2$  を便宜的に用いている。

10

【0037】

高さ算出部 4 3 は、頂部受信信号 8 A 1 と頂部受信信号 8 A 2 の位相を比較し、図 7 において、「 $d \cdot \sin \theta_1$ 」で表される位相差  $\Delta \phi_1$  を検出する。この位相差  $\Delta \phi_1$  は、下記数式 1 によって算出される。なお、「 $d$ 」は受信アンテナ 3 1 A、3 1 B の間隔、「 $\theta_1$ 」は目標の方位（仰角）、「 $\lambda$ 」は受信信号の波長である。したがって、この数式 1 を下記数式 2 のように変形すれば、位相差  $\Delta \phi_1$  に基づいて、2 つの受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から見た頂部 6 2 の仰角  $\theta_1$  を得ることができる。

$$\Delta \phi_1 = 2 \pi \times (d \times \sin \theta_1 \div \lambda) \cdots \text{数式 1}$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left( \frac{\Delta \phi_1 \times \lambda}{2 \pi \times d} \right) \cdots \text{数式 2}$$

20

【0038】

また、高さ算出部 4 3 は、麓部受信信号 8 B 1 および麓部受信信号 8 B 2 の位相を比較し、図 7 において、「 $d \cdot \sin \theta_2$ 」で表される位相差  $\Delta \phi_2$  を検出する。次いで、上記仰角  $\theta_1$  と同様に下記数式 3 を利用して、2 つの受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から見た麓部 6 1 の仰角  $\theta_2$  を算出する。

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left( \frac{\Delta \phi_2 \times \lambda}{2 \pi \times d} \right) \cdots \text{数式 3}$$

【0039】

次いで、高さ算出部 4 3 は、算出された仰角  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  と、信号抽出部 4 2 で信号抽出する際に利用した頂部 6 2 および麓部 6 1 までの距離  $R_1$ 、 $R_2$  とを利用して、下記数式 4 に示すように、縁石 6 の高さ  $h$  を算出する。

$$h = R_2 \times \sin \theta_2 - R_1 \times \sin \theta_1 \cdots \text{数式 4}$$

30

【0040】

次に、上記の実施の形態の作用について、図 9 のフローチャートを参照しながら説明する。レーダ装置 1 は、例えば、自動車 C を駐車させるために低速（例えば、時速 10 Km/h 以下）で走行している場合に、送信部 2 から、79 GHz 帯の水平偏波の送信波を送信する（ステップ S 1）。送信部 2 から送信された送信波は、目標で反射し、その反射波は受信部 3 によって受信される（ステップ S 2）。

【0041】

目標が縁石 6 である場合、受信アンテナ 3 1 A、3 1 B は、縁石 6 の麓部 6 1 および頂部 6 2 で反射した反射波を受信し、反射波の強度に応じたアナログの受信信号を出力する。受信アンテナ 3 1 A、3 1 B から出力された受信信号は、ミキサ 3 2 A、3 2 B で送信信号と混合され、増幅部 3 3 A、3 3 B により増幅されて、A/D 変換部 3 4 A、3 4 B によってデジタル信号に変換される。デジタルの受信信号 8 1、8 2 は、FFT 回路 3 5 A、3 5 B によって高速フーリエ変換され、送信信号および受信信号 8 1、8 2 の周波数成分が抽出される。

40

【0042】

信号分離部 4 1 は、受信信号 8 1、8 2 を、縁石 6 までの距離に基づいて分離する（ステップ S 3、信号分離ステップ）。また、信号分離部 4 1 は、受信信号 8 1、8 2 を、縁石 6 との相対速度に基づいて分離する（ステップ S 4、信号分離ステップ）。

【0043】

50

信号抽出部 4 2 は、距離および相対速度に基づいて分離された受信信号 8 1 から、頂部 6 2 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号 8 A 1 と、麓部 6 1 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号 8 B 1 とを抽出する（ステップ S 5、信号抽出ステップ）。また、距離および相対速度に基づいて分離された受信信号 8 2 から、頂部 6 2 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号 8 A 2 と、麓部 6 1 までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号 8 B 2 とを抽出する（ステップ S 5、信号抽出ステップ）。

【 0 0 4 4 】

高さ算出部 4 3 は、頂部受信信号 8 A 1 と頂部受信信号 8 A 2 とを比較して位相差  $\theta_1$  を検出し、麓部受信信号 8 B 1 と麓部受信信号 8 B 2 とを比較して位相差  $\theta_2$  を検出し、上述した数式 2、3 を利用して、検出した位相差  $\theta_1$ 、 $\theta_2$  から、2 つの受信アンテナ 3 1 A、3 1 B に対する頂部 6 2 および麓部 6 1 の仰角  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  を算出し、これらの仰角  $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$  から、数式 4 を利用して縁石 6 の高さ  $h$  を算出する（ステップ S 6、高さ算出ステップ）。

【 0 0 4 5 】

信号処理部 4 は、縁石 6 の高さが所定高さ（例えば、15 cm 以上）であった場合には（ステップ S 7 で YES）、報知部 5 に目標検知信号を出力して運転者に縁石 6 があることを報知する（ステップ S 8）。

【 0 0 4 6 】

以上のように、本発明を実施したレーダ装置 1 によれば、縁石（目標）6 からの反射信号を、縁石 6 の頂部 6 2 および麓部 6 1 までの距離および相対速度に基づいて分離し、分離された受信信号から、受信アンテナごとに、頂部までの距離が同一でかつ相対速度が同一な頂部受信信号と、麓部までの距離が同一でかつ相対速度が同一な麓部受信信号とを抽出し、頂部受信信号同士および麓部受信信号同士の位相差に基づいて受信アンテナに対する頂部および麓部の仰角を算出するので、目標が比較的高さの低い縁石 6 などであっても、その目標までの距離および相対速度に基づいて頂部と麓部の受信信号を分離して、縁石 6 の高さを精度よく算出することが可能となる。

【 0 0 4 7 】

また、送信波として水平偏波を利用するので、目標が縁石 6 のように頂部 6 2 が略水平方向に延びるように配された段差であっても、長部 6 2 からの反射波を強くすることができる。したがって、縁石 6 のような段差であっても、その頂部 6 2 を検出することが可能となる。さらに、縁石 6 の高さが所定高さ以上である場合に、目標検知信号を出力するので、検知結果の報知などに利用して、縁石 6 などの低い段差に自動車衝突するのを回避することが可能である。

【 0 0 4 8 】

[ 実施の形態 2 ]

本実施の形態は、アレーアンテナを構成している素子アンテナの受信信号をデジタル信号に変換し、変換されたデジタル信号を用いるデジタルビームフォーミングを実行することでマルチビームを形成して目標を検出するデジタルビームフォーミング方式のレーダ装置に、本発明を適用したものである。

【 0 0 4 9 】

図 10 は、本実施の形態のレーダ装置の受信部 10 を示し、複数（例えば 4 個）の素子アンテナからなるアレーアンテナ 10 1 と、各素子アンテナに対応して設けられた複数の複素検波回路 10 2 と、フーリエ変換回路 10 3 とを備えている。アレーアンテナ 10 1 は、複数の素子アンテナを上下方向に間隔  $d$  で設置したものであり、最上部の素子アンテナから最下部の素子アンテナまでのアンテナサイズは、 $Nd$  となっている。なお、高さが 15 cm 程度の縁石 6 の高さを測定するため、アンテナサイズ  $Nd$  と、縁石 6 までの距離  $R$  との関係は、「 $Nd \ll R$ 」であることが望ましい。

【 0 0 5 0 】

複素検波回路 10 2 は、各素子アンテナから出力された受信信号  $R \times 0$ 、 $R \times 1$ 、 $R \times 2$

10

20

30

40

50



、 $R \times 3$ を複素検波処理してA/D変換し、複素検波信号 $I Q_0$ 、 $I Q_1$ 、 $I Q_2$ 、 $I Q_3$ としてフーリエ変換回路103に出力する。フーリエ変換回路103は、デジタルの各複素検波信号をフーリエ変換して離散角度 $\theta_0$ 、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ を算出する。図11に示すように、この離散角度 $\theta_0$ 、 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ 、 $\theta_3$ の成分を滑らかな関数で補間した補間信号を生成する。このような補間信号を上記実施の形態1と同様に、縁石6の頂部62および麓部61までの距離および相対速度に基づいて分離し、分離した補間信号の位相差から頂部62および麓部61に対する仰角を算出し、算出した仰角と、頂部62および麓部61までの距離から縁石6の高さ $h$ を算出する。

【0051】

このように、アレーアンテナを用いたレーダ装置においても、実施の形態1と同様に、目標が比較的高さの低い縁石6などであっても、その目標までの距離および相対速度に基づいて頂部と麓部の受信信号を分離して、縁石6の高さを精度よく算出することが可能となる。なお、アレーアンテナ101として、複数の素子アンテナを上下方向に配列した例を説明したが、素子アンテナを水平方向に複数列配列してもよいし、実際に設置したアンテナを仮想的により多数のアンテナとして方位を測定するMIMO (Multi Input Multi Output) アンテナを利用してもよい。

10

【0052】

また、実施の形態1では、距離と相対速度の両方を利用して受信信号を分離したが、距離と相対速度とのいずれか一方を用いて受信信号を分離してもよいし、目標までの距離などに応じて、距離による分離と、相対速度による分離とを切り替えてもよい。例えば、79 GHz帯レーダで周波数変調幅を4 GHzとした場合、目標まで70 cm程度まで近づかないとcmオーダーの距離分解能は得られないが、相対速度では、2~3 mの距離でも0.1 km/h程度の速度分解能が得られる。したがって、例えば、1~3 m程度の距離では相対速度を利用して受信信号を分離し、1 m以下の距離では、距離に基づいて受信信号を分離するなど、適宜組み合わせ利用してもよい。

20

【0053】

以上、この発明の各実施の形態を詳述してきたが、具体的な構成はこの実施の形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があっても、この発明に含まれる。例えば、上記の実施の形態では、FM CWレーダを例に説明したが、本発明は、パルスレーダおよびパルス圧縮レーダにも適用が可能である。また、自動車の障害物センサとして機能するレーダ装置を例に説明したが、例えば、船舶にこのレーダ装置を設けて防波堤などの段差の検出に利用してもよい。

30

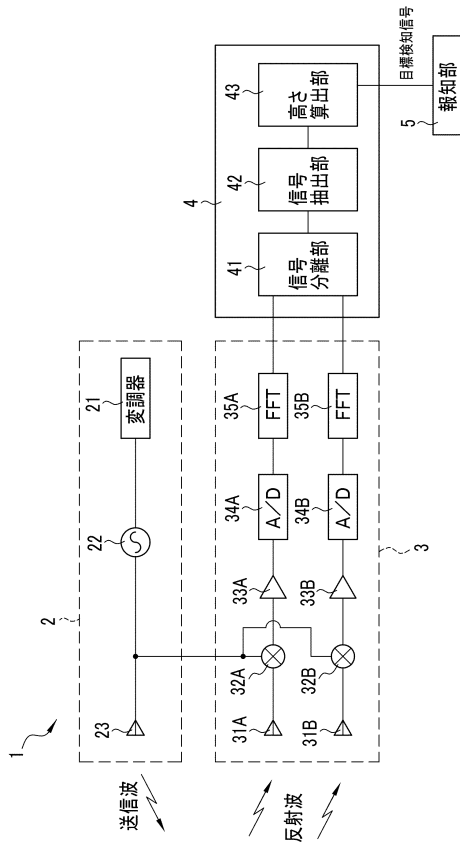
【符号の説明】

【0054】

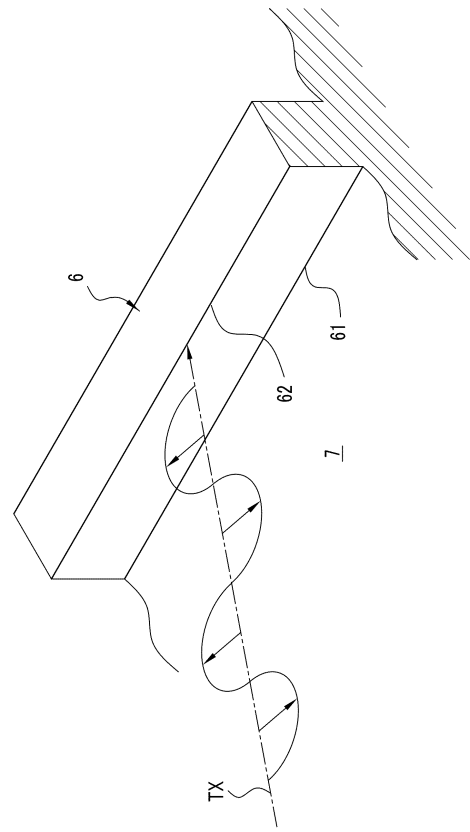
- 1 レーダ装置
- 2 送信部
- 3 受信部
- 31A、31B 受信アンテナ
- 4 信号処理部 (信号分離手段、高さ算出手段、報知手段)
- 41 信号分離部 (信号分離手段)
- 42 信号抽出部 (信号抽出手段)
- 43 高さ算出部 (高さ算出手段)
- 5 報知部 (報知手段)
- 6 縁石 (目標)
- 61 麓部
- 62 頂部

40

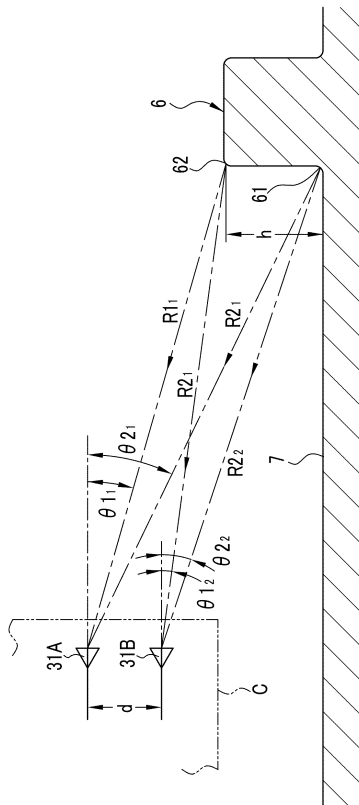
【図面】  
【図 1】



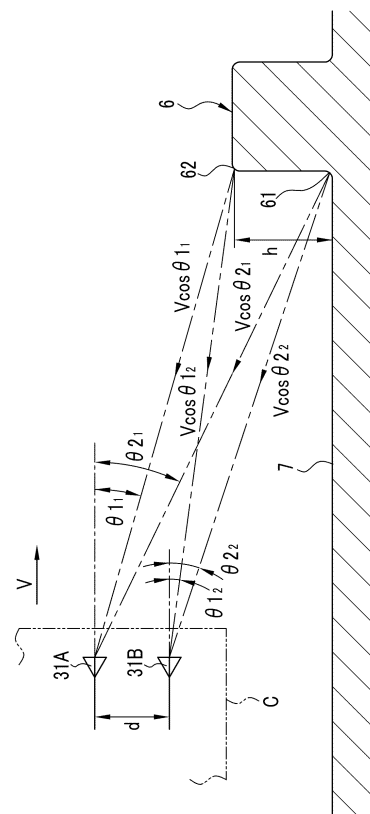
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

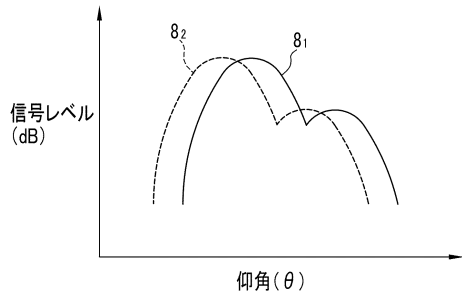
20

30

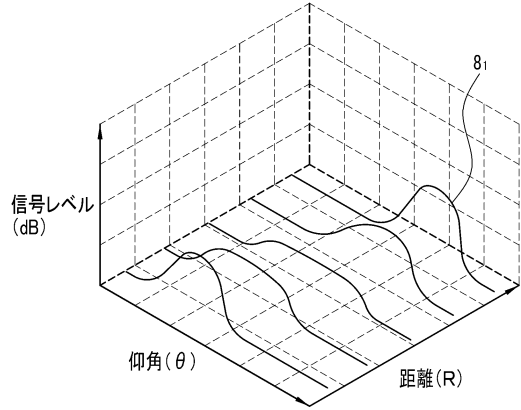
40

50

【 図 5 】

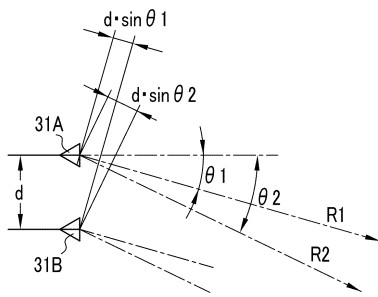


【 図 6 】

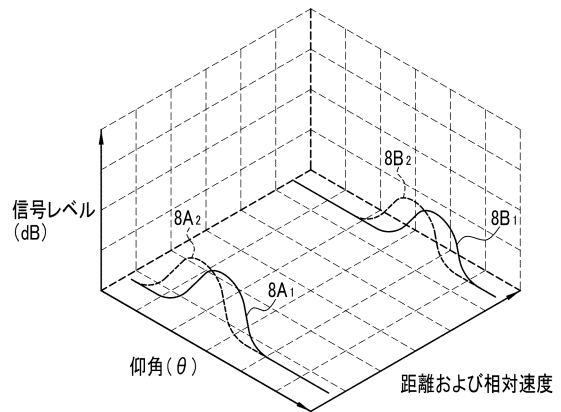


10

【 図 7 】



【 図 8 】



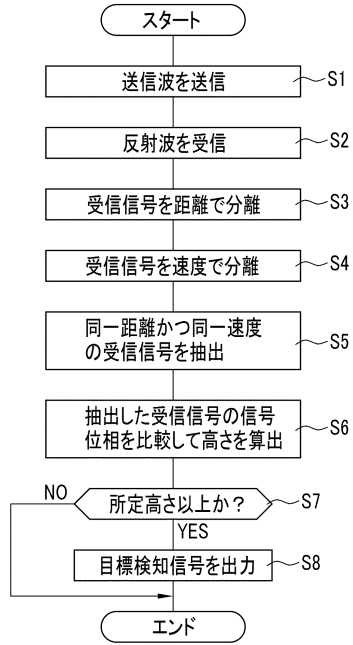
20

30

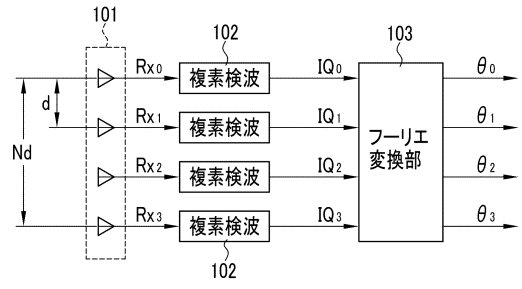
40

50

【 図 9 】



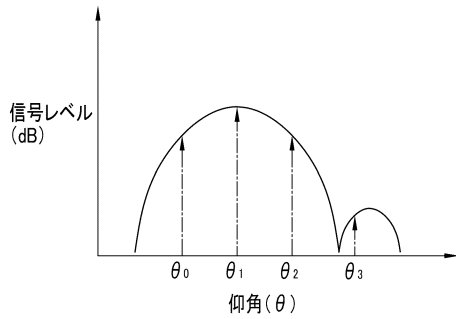
【 図 1 0 】



10

20

【 図 1 1 】



30

40

50

## フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-287857(JP,A)  
特開2001-116835(JP,A)  
特開平11-211811(JP,A)  
国際公開第2011/092814(WO,A1)  
国際公開第2018/158281(WO,A1)  
特開2010-217193(JP,A)  
独国特許出願公開第102016014060(DE,A1)  
特開2016-120892(JP,A)  
特開2015-166705(JP,A)  
堀越 修平, IVCシステムにおけるアレーアンテナを用いた伝搬特性とその性能評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 2003年01月27日, Vol. 102 No. 631, 215-220頁
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
G01S 7/00 - 17/95  
G08G 1/16  
B60R 21/00