

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2017年9月21日(21.09.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/159735 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/34 (2006.01) G01S 13/93 (2006.01)
G01S 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/010436
- (22) 国際出願日: 2017年3月15日(15.03.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-052828 2016年3月16日(16.03.2016) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 北村 堯之(KITAMURA, Takayuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 名古屋国際特許業務法人(NAGOYA INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦一丁目20番19号 名神ビル Aichi (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN,

[続葉有]

(54) Title: OBJECT DETECTION APPARATUS

(54) 発明の名称: 物標検出装置

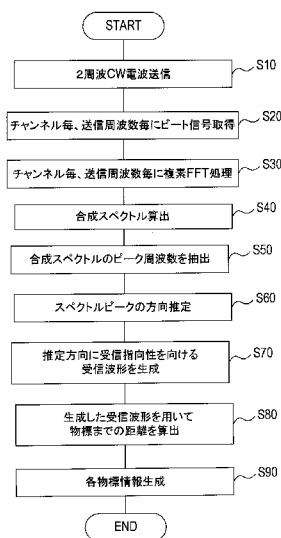


FIG. 6:

S10 Transmit 2-frequency CW radio wave
S20 Acquire beat signal for each channel
and for each transmission frequency
S30 Perform complex FFT process for
each channel and for each transmission
frequency
S40 Calculate composite spectrum
S50 Extract peak frequency from
composite spectrum
S60 Estimate direction of spectrum peak
S70 Generate reception waveform with
reception directionality toward estimated
direction
S80 Calculate distance to object using
generated reception waveform
S90 Generate object information

(57) Abstract: This object detection apparatus (30) is provided with an analysis unit (S30-S50), a direction estimation unit (S60), a reception waveform formation unit (S70), and a distance calculation unit (S80). The reception waveform formation unit forms a reception waveform for each frequency of continuous wave, the reception waveform being weighted by a beat signal that corresponds to a received wave received by each reception antenna so as to have directionality toward one incoming direction estimated by the direction estimation unit.

(57) 要約: 物標検出装置 (30) は、解析部 (S30~S50) と、方向推定部 (S60) と、受信波形形成部 (S70) と、距離算出部 (S80) と、を備える。受信波形形成部は、方向推定部により推定された到来方向の一つに指向性を持つように、受信アンテナのそれぞれで受信された受信波に対応するビート信号に重み付けして、連続波の周波数毎に、受信波形を形成する。

WO 2017/159735 A1



CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー

ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：物標検出装置

関連出願の相互参照

[0001] 本国際出願は、2016年3月16日に日本国特許庁に出願された日本国特許出願第2016-052828号に基づくものであって、その優先権の利益を主張するものであり、日本国特許出願第2016-052828号のすべての内容を参照により本国際出願に援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、車両周辺の物標を検出する物標検出装置に関する。

背景技術

[0003] レーダの方式として、複数の送信周波数について周波数が一定の連続波を送信する多周波CW方式がある。一般に、多周波CW方式では、送信周波数毎に、送信波と、送信波が物標で反射されて受信された受信波とから、ビート信号が生成される。このような多周波CW方式のレーダとして、送信周波数毎に生成したビート信号を周波数解析して、ビート信号の周波数成分から物標の相對速度を検出するとともに、ビート信号の位相から物標までの距離を検出するレーダが知られている（例えば、下記特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2015-190777号公報

発明の概要

[0005] 上記多周波CWレーダのビート信号は、周波数が、送信波を反射した物標の相對速度に応じた周波数となり、その周波数における位相が、その物標までの距離に応じた位相となる。ただし、同じ相對速度を持った複数の物標からの反射波が受信波に含まれている場合、その受信波に基づいたビート信号の周波数成分では、1つの周波数が複数の物標に対応し、この周波数における位相を物標ごとに分離して検出することはできない。発明者の詳細な検討

の結果、レーダの周辺に同じ相対速度を持った複数の物標が存在する場合、各物標までの距離を精度良く求めることが困難であるという問題が見出された。

[0006] 本開示の1つの局面は、周囲に同じ相対速度を持った複数の物標が存在する場合でも、各物標までの距離を高精度に算出することができる物標検出装置を提供できることが望ましい。

[0007] 本開示の1つの局面は、車両周辺の物標を検出する物標検出装置であって、解析部と、方向推定部と、受信波形形成部と、距離算出部と、を備える。解析部は、複数の受信アンテナを有する車載レーダによって順次送信された多数の異なる周波数の連続波と、各連続波が物標で反射されて受信アンテナのそれぞれで受信された受信波とから、連続波の周波数毎かつ受信アンテナ毎に生成されたビート信号を、周波数解析する。方向推定部は、解析部での周波数解析によって物標の存在が認められた周波数ビン毎に、反射波の到来方向を推定する。受信波形形成部は、方向推定部により推定された到来方向の一つに指向性を持つように、受信アンテナのそれぞれで受信された受信波に対応するビート信号に重み付けして、連続波の周波数毎に、受信波形を形成する。距離算出部は、受信波形形成部により連続波の周波数毎に形成された受信波形の互いの位相差から、物標までの距離を算出する。

[0008] 本開示によれば、受信波形形成部により、受信アンテナの指向性を向けた方向以外の物標からの反射波を抑制した受信波形が形成される。よって、同じ相対速度を持つ複数の物標が存在する場合でも、形成された受信波形の位相は、指向性を向けた方向に存在する物標までの距離に対応した位相成分が主として含まれたものとなる。したがって、自車両の周辺に同一相対速度の複数の物標が存在する場合でも、各物標までの距離を高精度に算出することができる。

[0009] なお、特許請求の範囲に記載した括弧内の符号は、一つの態様として後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであって、本開示の技術的範囲を限定するものではない。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]レーダ装置の全体構成を示すブロック図。
- [図2] 2周波CWレーダの送信周波数及び受信周波数を示す図。
- [図3] 2つの送信周波数について、送信から受信までの位相の変化を示す図。
- [図4] 2つの送信周波数に対応するビート信号を示すタイムチャート。
- [図5] ビート信号の周波数スペクトルを示す図。
- [図6] 物標を検出する処理手順を示すフローチャート。
- [図7] 車両周辺に同じ相対速度を持った複数の物標が存在する様子を示す図。
- [図8] フラットな受信指向性を示す図。
- [図9] 特定方向に指向性ピークを向けた受信指向性を示す図。
- [図10] DBFを用いたスペクトルピークの到来方向推定を示す図。
- [図11] MUSICを用いたスペクトルピークの到来方向推定を示す図。
- [図12] DBFを用いて形成した受信指向性を示す図。
- [図13] DCMPを用いて形成した受信指向性を示す図。

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、図面を参照しながら、本開示の実施形態を説明する。

<全体構成>

まず、本実施形態に係る物標検出装置を含むレーダ装置の構成について、図1を参照して説明する。本実施形態に係るレーダ装置は、1対のミリ波レーダ100と、処理装置30とを備えて、車両の周辺に存在する物標を検出する装置である。本実施形態では、処理装置30が物標検出装置に相当する。

- [0012] 1対のミリ波レーダ100は、図7に示すように、車両50の後端のバンパの左右両端に設けられ、車両50の後方の領域を探索範囲とするように設定されている。ミリ波レーダ100の各々は、発振器11と、分配器12と、送信アンテナ部10と、受信アンテナ部20と、受信スイッチ25と、ミキサ21と、増幅器22と、LPF23と、A/D変換器24とを備える。そして、ミリ波レーダ100の各々は、周波数 f_1 、 f_2 を送信周波数とす

る2周波CWレーダとして動作する。なお、LPFは、Low Pass Filterの略であり、A/D変換器は、アナログーデジタル変換器の略である。本実施形態では、ミリ波レーダ100の各々が車載レーダに相当する。

[0013] 発振器11は、いわゆるPLL回路付き電圧制御発振器であり、処理装置30からの周波数制御信号Cfに従った周波数を有するミリ波帯の信号を生成する。周波数制御信号Cfは、処理装置30により一定期間、所定の周波数のレーダ波を送信するように生成された信号である。本実施形態では、発振器11は、周波数 f_1 、 f_2 のレーダ波を送信するように、2種類の周波数制御信号Cfを交互に受信する。周波数 f_1 と周波数 f_2 との差分 Δf は、周波数 f_1 と周波数 f_2 の中間周波数 f_c に比べて十分に小さい周波数となっている。なお、PLLは、Phase Locked Loopの略であり、CWは、Continuous Waveすなわち連続波の略である。

[0014] 分配器12は、発振器11の出力を送信信号Ssとローカル信号Lとに電力分配して、送信信号Ssを送信アンテナ部10に供給し、ローカル信号Lをミキサ21に供給する。送信アンテナ部10は、ミリ波帯のレーダ波を送信するK個のアンテナを備え、送信信号Ssに従ってCWである送信波を、車両50の後方へ向けて放射する。Kは2以上の整数である。詳しくは、送信アンテナ部10は、時分割で、周波数 f_1 の送信波Tw1と周波数 f_2 の送信波Tw2を交互に放射する。

[0015] 受信アンテナ部20は、水平方向に一行に配置されたN個のアンテナを備え、送信アンテナ部10から送信されて、物標で反射されたレーダ波を受信する。N個のアンテナには、それぞれチャンネルch1～chNが割り当てられている。Nは2以上の整数である。図2に示すように、受信アンテナ部20で受信された受信波Rw1の周波数は、物標の相対速度に応じて、周波数 f_1 から周波数 $f_1 + f_{d1}$ へドップラーシフトしている。同様に、受信波Rw2の周波数は周波数 f_2 から周波数 $f_2 + f_{d2}$ へドップラーシフトしている。図2では、車両50と物標が接近している場合の相対速度に対応するドップラーシフト f_{d1} 、 f_{d2} を示している。

[0016] 受信スイッチ 25 は、受信アンテナ部 20 におけるアンテナのいずれか一つを順番に選択し、選択したアンテナからの受信信号 S_r をミキサ 21 に供給する。ミキサ 21 は、受信信号 S_r にローカル信号 L を混合してビート信号 B を生成し、生成したビート信号 B を増幅器 22 に供給する。詳しくは、ミキサ 21 は、送信波 $T_w 1$ 及び受信波 $R_w 1$ の信号からはビート信号 B_1 を生成し、送信波 $T_w 2$ 及び受信波 $R_w 2$ の信号からはビート信号 B_2 を生成する。ここでは、ビート信号 B_1 、 B_2 を総称して、ビート信号 B としている。増幅器 22 は、ビート信号 B を増幅して $LPF 23$ に供給する。

[0017] $LPF 23$ は、 A/D 変換器 24 でのサンプリング周波数を f_s として、増幅器 22 により増幅されたビート信号 B から $f_s/2$ 以上の周波数を有する周波数成分を除去して、 A/D 変換器 24 に供給する。 A/D 変換器 24 は、 $LPF 23$ の出力をサンプリング周波数 f_s でサンプリングしてデジタルデータであるサンプリングデータ D_b に変換し、変換したサンプリングデータ D_b を処理装置 30 に供給する。詳しくは、 A/D 変換器 24 は、ビート信号 B_1 をサンプリングしたサンプリングデータ $D_b 1$ と、ビート信号 B_2 をサンプリングしたサンプリングデータ $D_b 2$ を、交互に処理装置 30 に供給する。ここでは、サンプリングデータ $D_b 1$ 、 $D_b 2$ を総称して、サンプリングデータ D_b としている。よって、ミリ波レーダ 100 は、一定期間毎に送信波 $T_w 1$ と送信波 $T_w 2$ とを交互に放射して、サンプリングデータ $D_b 1$ とサンプリングデータ $D_b 2$ を交互に取得する。

[0018] 処理装置 30 は、CPU、ROM、RAM、及び I/O 等を含むマイクロコンピュータと、 A/D 変換器 24 を介して取り込んだデータについて、FFT 処理等の信号処理を実行する演算処理装置とを備えている。処理装置 30 の各機能は、CPU が非遷移的実体的記録媒体に格納されたプログラムを実行することにより実現される。この例では、ROM が、プログラムを格納した非遷移的実体的記録媒体に該当する。また、このプログラムの実行により、プログラムに対応する方法が実行される。なお、FFT は、Fast Fourier Transform すなわち高速フーリエ変換の略である。

[0019] 処理装置30は、CPUがプログラムを実行することで、解析処理と、方向推定処理と、受信波形形成処理と、距離算出処理とを実行する。処理装置30がこれらの処理を実行する手法は、ソフトウェアに限るものではなく、その一部又は全部の処理を、論理回路やアナログ回路等を組み合わせたハードウェアを用いて実行してもよい。

[0020] <相対速度及び距離算出>

ミリ波レーダ100はCWレーダとして動作する。よって、ビート信号Bの周波数はドップラー周波数であり、ビート信号Bのピーク周波数成分は、車両50に対する物標の相対速度 V_r に対応する。上述したように、周波数 f_1 と周波数 f_2 の差分 Δf は、中間周波数 f_c と比べて十分に小さいため、同じ物標により生じたドップラーシフト f_{d1} と、ドップラーシフト f_{d2} とは等しいとみなすことができる。よって、 $f_{d1} \div f_{d2}$ 、 $f_1 \div f_2$ であるから、相対速度 V_r は次の式(1)と表される。 C は光速を表す。

[0021] [数1]

$$V_r = \frac{f_{d1} \cdot c}{2 f_1} = \frac{f_{d2} \cdot c}{2 f_2} \quad \dots(1)$$

一方、図3に、ビート信号Bの位相を円内の矢印で示す。図3に示すように、ビート信号Bの位相は電磁波の伝搬遅延時間に対応して変化するため、ビート信号の位相は距離情報を含む。送信時から受信時までの間における位相の変化量 $\Delta\theta$ は、送信波 T_{w1} と受信波 R_{w1} の位相の差分、及び、送信波 T_{w2} と受信波 R_{w2} の位相の差分であり、ビート信号B1、B2の位相となる。なお、図3では便宜上、送信時において、送信波 T_{w1} 、 T_{w2} の位相が一致しているが、必要なのは位相の変化量 $\Delta\theta$ であるので、送信時における送信波 T_{w1} 、 T_{w2} の位相が異なってもよい。

[0022] 図4に、図3に対応するビート信号B1、B2のタイムチャートを示す。送信時の周波数 f_1 、 f_2 によって、位相の変化量 $\Delta\theta$ が異なるため、ビー

ト信号B 1の位相とビート信号B 2の位相とには、位相差 $\Delta \phi$ が生じる。そして、位相差 $\Delta \phi$ と距離Rとには、式(2)で表す関係が成立する。よって、位相差 $\Delta \phi$ を抽出すると、距離Rを算出することができる。位相差 $\Delta \phi$ は、図5に示すように、ビート信号B 1のパワースペクトル $S_{p a 1}$ 、及びビート信号B 2のパワースペクトル $S_{p b}$ のピーク周波数成分に対応する位相を検出し、その差から求めればよい。ただし、位相差 $\Delta \phi$ が 2π 以上になると、いわゆる折り返しが生じて、距離Rにアンビギュイティが生じる。

[0023] [数2]

$$R = \frac{c \cdot \Delta \phi}{4 \pi (f_2 - f_1)} \quad \dots (2)$$

<物標検出処理>

次に、処理装置30が実行する物標検出処理について、図6のフローチャートを参照して説明する。

[0024] まず、ステップS 10において、周波数 f_1 の送信波と周波数 f_2 の送信波を、一定期間ずつ順番に送信する。続いて、ステップS 20において、チャンネル毎かつ送信周波数毎に、ビート信号Bのサンプリングデータ D_b を取得する。すなわち、チャンネル $c h 1 \sim c h N$ の各チャンネルに対して生成されたN個のビート信号B 1を、それぞれサンプリングしたサンプリングデータ $D_{b 1}$ と、同様にN個のビート信号B 2をそれぞれサンプリングしたサンプリングデータ $D_{b 2}$ と、を取得する。

[0025] 続いて、ステップS 40では、チャンネル毎かつ送信周波数毎に、サンプリングデータ D_b に対して複素FFT処理を実行する。すなわち、チャンネル毎に、サンプリングデータ $D_{b 1}$ 、 $D_{b 2}$ のそれぞれに対して複素FFT処理を実行して、N個のパワースペクトル $S_{p a 1}$ とN個のパワースペクトル $S_{p a 2}$ を算出する。

[0026] 続いて、ステップS 50では、全チャンネルかつ全送信周波数のパワース

ペクトルを足し合わせて、合成スペクトル S_{pb} を算出する。すなわち、 N 個のパワースペクトル S_{pa1} と N 個のパワースペクトル S_{pa2} をすべて足し合わせて、合成スペクトル S_{pb} を算出する。

[0027] 続いて、ステップ $S50$ では、合成スペクトル S_{pb} から、スペクトル電力が予め設定された閾値以上となるピーク値が検出される周波数ビンを抽出する。すなわち、物標の相対速度に対応するピーク周波数成分を抽出する。これにより、車両 50 に対する物標の相対速度が検出される。このとき、車両 50 の周辺に、相対速度の異なる複数の物標が存在する場合は、複数の周波数ビンが抽出され、複数の相対速度が検出される。本実施形態では、ステップ $S30 \sim S50$ の処理が、解析部の機能が実行する処理に相当する。

[0028] 車両 50 の周辺に存在する複数の物標の相対速度がすべて異なる場合は、抽出された各周波数ビンに対応するビート信号 $B1$ の位相とビート信号 $B2$ の位相との位相差 $\Delta\phi$ から、各物標までの距離 R をそれぞれ算出することができる。例えば、図 8 に示すように、各チャンネルのパワースペクトル S_{pa1} 、 S_{pa2} から抽出した位相差 $\Delta\phi$ から、チャンネル毎に距離 $R1 \sim RN$ を算出し、距離 $R1 \sim RN$ を平均することで距離 R を算出することができる。すなわち、この場合、受信アンテナ部 20 の指向性を、各チャンネルの重みが等しいフラットな受信指向性にして、距離 R を算出することができる。なお、 $x1(t) \sim xN(t)$ は、チャンネル $ch1 \sim chN$ でそれぞれ生成したビート信号 B を表す。

[0029] 一方、図 7 に示すように、車両 50 の周辺に存在する物標 α と物標 β が同じ相対速度 V_r を持っている場合、物標 α からの反射波に応じたピーク周波数成分と、物標 β からの反射波に応じたピーク周波数成分は、合成スペクトル S_{pb} において同じ周波数ビンに表れ、分離することができない。そのため、上述したようなフラットな受信指向性において、抽出された周波数ビンに対応する位相差 $\Delta\phi$ から距離 R を算出すると、算出された距離 R は、物標 α までの距離 R_α と物標 β までの距離 R_β と異なる距離となる。実際の道路環境では、車両 50 の周辺に同じ相対速度 V_r を持った複数の物標が存

在している場面は多いため、このような場面でも物標までの距離を高精度に算出したいという要望は強い。

[0030] そこで、受信アンテナ部20の指向性をフラットにしないで、特定の方向にピークを向けることにした。詳しくは、図9に示すように、距離 R_α を算出する場合には、物標 α のみに指向性のピークを向けた受信指向性を信号処理的に作り上げ、物標 β からの反射信号を除去して、物標 α からの反射信号のみを抽出することにした。物標 α からの反射信号のみを抽出した受信波形を形成すれば、その受信波形のスペクトルから距離 R_α に対応した位相差 $\Delta\phi$ を高精度に抽出することができる。ひいては、距離 R_α を高精度に算出することができる。なお、 $W_1 \sim W_N$ は、チャンネル $ch_1 \sim ch_N$ の複素重みを表す。また、 $y(t)$ は、ビート信号 $x_1(t) \sim x_N(t)$ に複素重み $W_1 \sim W_N$ を掛けて足し合わせた出力、すなわち、特定の方向に受信アンテナ部20の指向性のピークを向けた場合に形成される受信波形である。以下では、 $W_1 \sim W_N$ を W とする。

[0031] 距離の算出対象となる物標に、受信アンテナ部20の指向性のピークを向けた受信波形を形成するためには、車両50に対して算出対象となる物標が存在する方向が必要となる。よって、ステップS60では、合成スペクトル S_{pb} におけるピーク周波数成分毎に、すなわち物標の存在が認められた周波数ビン毎に、車両50に対する反射波の到来方向を推定する。到来方向の推定手法は、どのような手法でもよい。

[0032] 例えば、受信アンテナ部20のメインローブを走査して到来方向を推定する、DBFのようなアルゴリズムを用いて、到来方向を推定してもよい。また、受信アンテナ部20のヌルを走査して到来方向を高分解能に推定する、MUSICやESPRITのような高分解能到来方向推定アルゴリズムを用いて、到来方向を推定してもよい。ここでは、周波数 f_1 に対応したビート信号 B_1 を用いて到来方向を推定してもよいし、周波数 f_2 に対応したビート信号 B_2 を用いて到来方向を推定してもよい。本実施形態では、ステップS60の処理が、方向推定部の機能が実行する処理に相当する。

[0033] 物標 α と物標 β が近い位置に存在する場合、図10に示すように、DBFを用いた到来方向推定を行うと、物標 α と物標 β が一体の物標として到来方向が推定されるおそれがある。一方、図11に示すように、MUSICを用いた到来方向推定を行うと、近い位置に存在する物標 α と物標 β とを分離して、それぞれの到来方向を推定することができる。よって、高分解能到来推定アルゴリズムを用いて到来方向を推定することが望ましいが、その分演算負荷は高くなるので、処理装置30の性能等に応じて選択すればよい。なお、DBFは、Digital Beam Formingの略であり、MUSICは、Multiple Signal Classificationの略である。また、ESPRITは、Estimation of Signal Parameters via Rotational Invariance Techniquesの略である。

[0034] 続いて、ステップS70では、推定した到来方向である推定方向毎に、推定方向に受信アンテナ部20の指向性のピークを向けるように、チャンネルch1～chNの複素重みWを算出する。そして、各チャンネルで生成したビート信号B1に、算出した複素重みWをそれぞれ掛けて足し合わせる。同様に、各チャンネルで生成したビート信号B2に、複素重みWをそれぞれ掛けて足し合わせる。このとき、送信周波数にかかわらず、同じチャンネルに対する複素重みは同じにすればよい。これにより、送信周波数毎に、チャンネル毎に生成されたビート信号Bを用いて、推定方向にアンテナ部20の指向性のピークを向けた場合の受信波形が形成される。

[0035] 複素重みWの算出手法としては、どのような手法でもよい。例えば、単純なDBF指向性を形成する複素重みWを算出してもよい。また、DCMPを用いて、特定の物標の方向には指向性のピークを向け、その他の物標にはヌル指向性を向けるような、受信指向性を形成する複素重みWを算出してもよい。なお、DCMPは、Directionally Constrained minimization of Power、すなわち方向拘束付電力最小化法の略である。本実施形態では、ステップS70の処理が、受信波形形成部の機能が実行する処理に相当する。

[0036] 図12及び図13に、物標 α が40deg方向、物標 β が-70deg方向に存在する場合において、物標 α を距離の算出対象として形成した受信指

向性を示す。図12は、40deg方向に指向性のピークを向けたDBF指向性であり、図13は、40deg方向に指向性のピークを向け、かつ70deg方向にヌル指向性を向けたDCMP指向性である。DBFを用いて形成した受信波形は、物標 α からの反射波だけでなく物標 β からの反射波も含まれることになる。一方、DCMPを用いて形成した受信波形からは、物標 β からの反射波を除外することができる。よって、DCMPを用いる方が、高精度に距離を算出することができる。

[0037] したがって、高精度に距離を算出するためには、高分解能到来方向アルゴリズムで到来方向を推定し、DCMPを用いて受信波形を形成することが最も望ましい。しかしながら、その分演算負荷が高くなるので、DBFで到来方向を推定して、DCMPを用いて受信波形を形成してもよいし、高分解能到来方向アルゴリズムで到来方向を推定して、DBFで受信波形を形成してもよい。

[0038] 続いて、ステップS80では、推定方向毎に、形成した受信波形を用いて物標までの距離Rを算出する。すなわち、送信周波数毎に形成した受信波形のそれぞれに対してFFT処理を実行して位相差 $\Delta\phi$ を抽出し、抽出した位相差 $\Delta\phi$ から距離Rを算出する。ここまでの処理により、物標毎に、相対速度、方位、距離が得られる。本実施形態では、ステップS80の処理が、距離算出部の機能が実行する処理に相当する。

[0039] 続いて、ステップS90では、物標毎に、相対速度、方位、距離を含む物標情報を生成する。以上で本処理を終了する。

<効果>

以上詳述した本実施形態によれば、以下の効果が得られる。

[0040] (1) 物標の相対速度毎に、その相対速度を持つ物標の方向がそれぞれ推定される。そして、送信周波数毎に、推定方向の一つにアンテナ部20の指向性を向けた場合の受信波形が形成される。よって、車両50の周辺に同じ相対速度を持つ複数の物標が存在する場合でも、指向性が向けられた方向に存在する物標までの距離に対応した位相差 $\Delta\phi$ を、高精度に抽出することが

できる。したがって、車両50の周辺に同じ相対速度の複数の物標が存在する場合でも、各物標までの距離Rを高精度に算出することができる。

[0041] (2) 方向拘束付電力最小化法を用いて受信波形を形成することにより、距離の算出対象である物標からの反射波のみを抽出した受信波が形成される。よって、算出対象である物標までの距離を高精度に算出することができる。

[0042] (3) 高分解能到来方向推定アルゴリズムと、方向拘束付電力最小化法とを組み合わせることにより、算出対象である物標までの距離をより高精度に算出することができる。

[他の実施形態]

以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示は上述の実施形態に限定されることなく、種々変形して実施することができる。

[0043] (a) 上記実施形態では、ミリ波レーダ100は2周波CWレーダとして動作したが、これに限定されるものではない。ミリ波レーダ100は、3周波以上の多周波CWとして動作してもよい。

[0044] (b) 上記実施形態では、合成スペクトル S_{pb} から相対速度を検出したが、パワースペクトル S_{pa1} 、 S_{pa2} のいずれか、あるいは平均パワースペクトルから相対速度を検出してもよい。

[0045] (c) 上記実施形態における1つの構成要素が有する複数の機能を、複数の構成要素によって実現したり、1つの構成要素が有する1つの機能を、複数の構成要素によって実現したりしてもよい。また、複数の構成要素が有する複数の機能を、1つの構成要素によって実現したり、複数の構成要素によって実現される1つの機能を、1つの構成要素によって実現したりしてもよい。また、上記実施形態の構成の一部を省略してもよい。また、上記実施形態の構成の少なくとも一部を、他の上記実施形態の構成に対して付加又は置換してもよい。なお、特許請求の範囲に記載した文言のみによって特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本開示の実施形態である。

[0046] (d) 上述した物標検出装置の他、当該物標検出装置を構成要素とするシ

ステム、当該物標検出装置としてコンピュータを機能させるためのプログラム、このプログラムを記録した半導体メモリ等の非遷移的実態的記録媒体、物標検出方法など、種々の形態で本開示を実現することもできる。

請求の範囲

- [請求項1] 車両（50）周辺の物標を検出するように構成された物標検出装置（30）であって、
- 複数の受信アンテナ（20）を有する車載レーダ（100）によって順次送信された複数の異なる周波数の連続波と、各連続波が前記物標で反射されて前記受信アンテナのそれぞれで受信された受信波とから、前記連続波の周波数毎かつ前記受信アンテナ毎に生成されたビート信号を、周波数解析するように構成された解析部（S30～S50）と、
- 前記解析部での周波数解析によって物標の存在が認められた周波数ビン毎に、反射波の到来方向を推定するように構成された方向推定部（S60）と、
- 前記方向推定部により推定された到来方向の一つに指向性を持つように、前記受信アンテナのそれぞれで受信された前記受信波に対応する前記ビート信号に重み付けして、前記連続波の周波数毎に、受信波形を形成するように構成された受信波形形成部（S70）と、
- 前記受信波形形成部により前記連続波の周波数毎に形成された受信波形の互いの位相差から、前記物標までの距離を算出するように構成された距離算出部（S80）と、を備える、物標検出装置。
- [請求項2] 前記受信波形形成部は、前記方向推定部により推定された前記到来方向のうち、前記距離の算出対象である前記物標が存在する方向に指向性のピークを向け、その他の前記物標が存在する方向に指向性のヌルを向けて、前記受信波形を形成するように構成されている、請求項1に記載の物標検出装置。
- [請求項3] 前記方向推定部は、高分解能到来方向推定アルゴリズムを用いて前記到来方向を推定するように構成されている、請求項1又は2に記載の物標検出装置。

[図1]

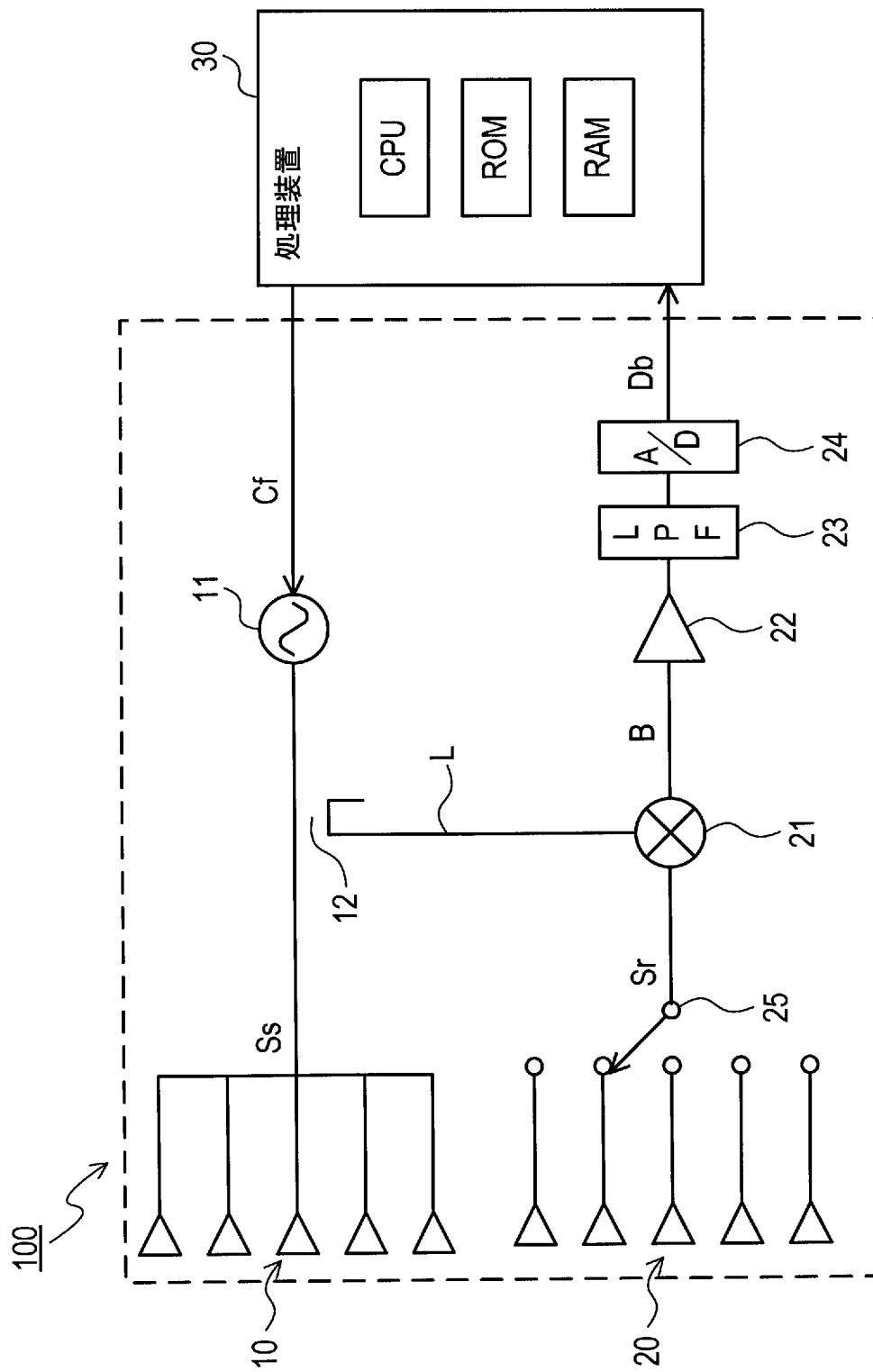


FIG. 1

[図2]

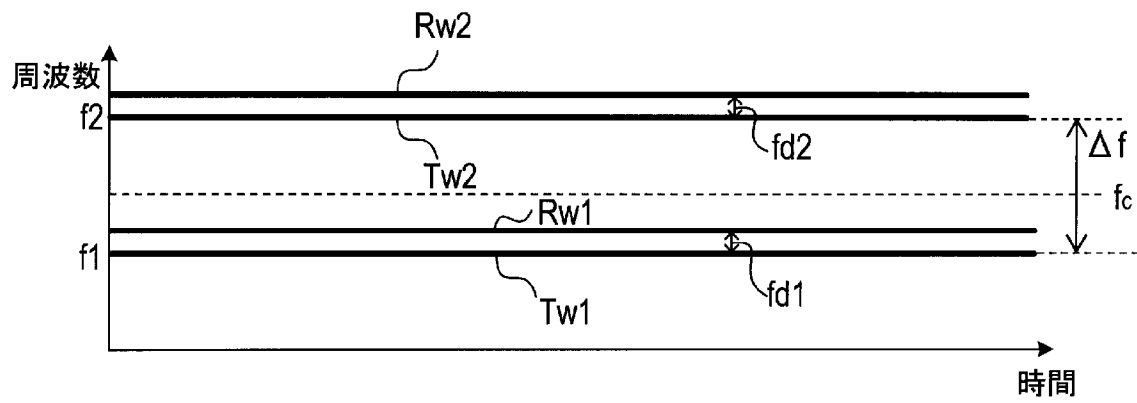


FIG. 2

[図3]

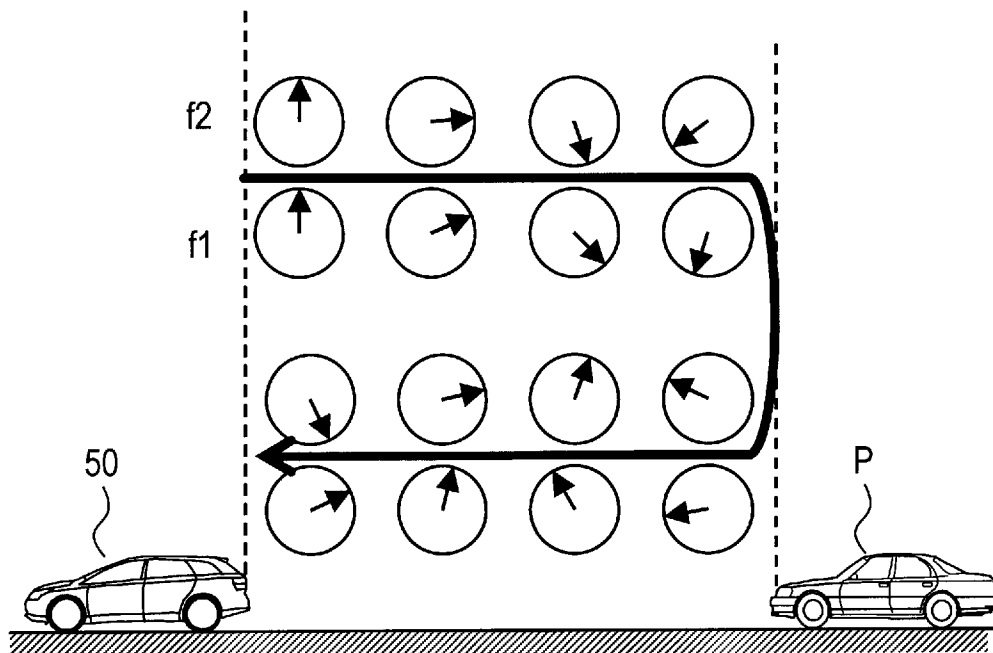


FIG. 3

[図4]

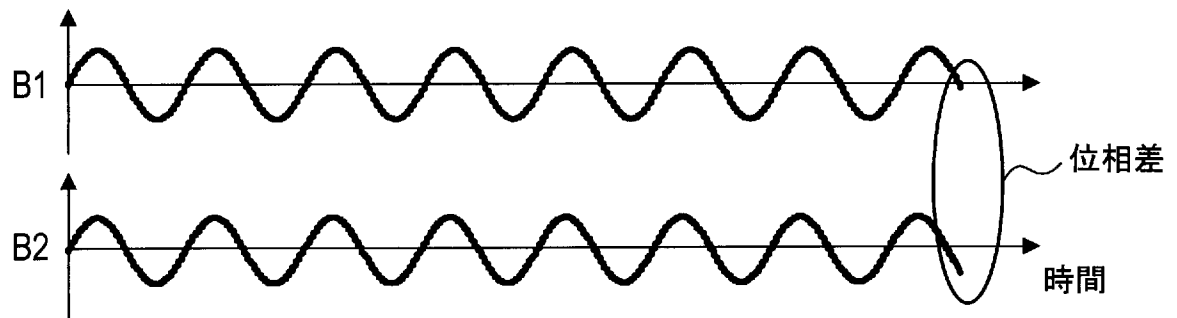


FIG. 4

[図5]

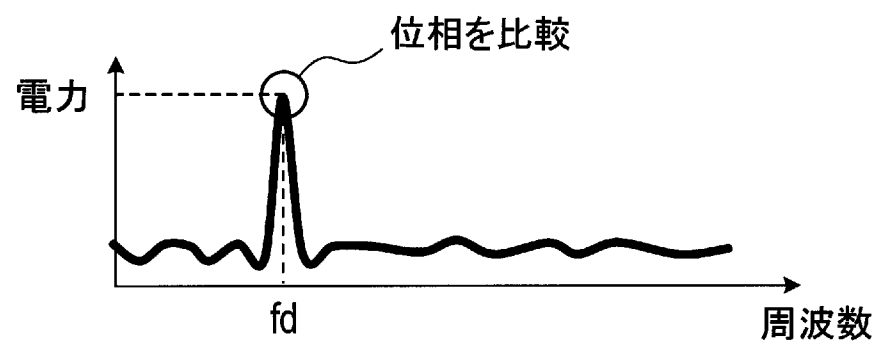


FIG. 5

[図6]

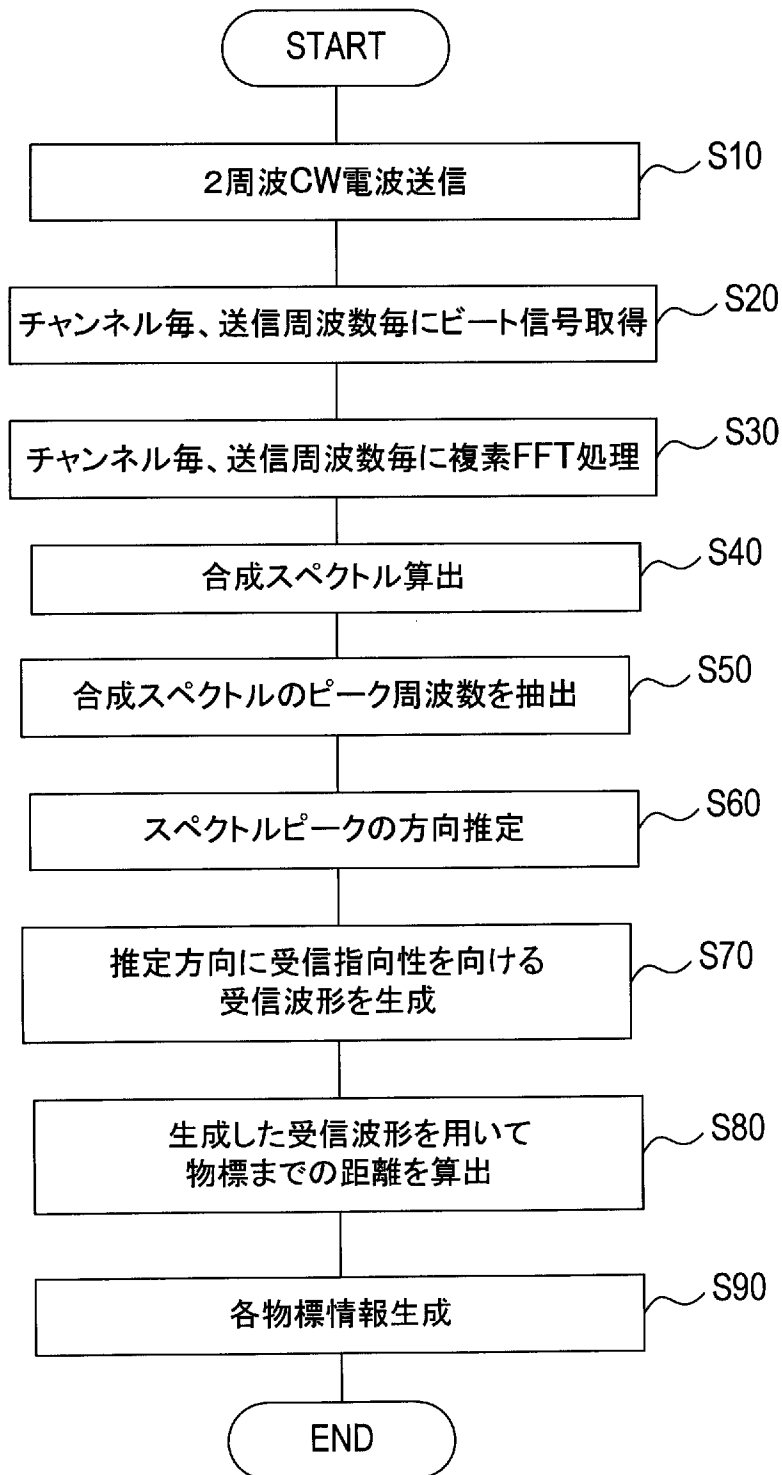


FIG. 6

[図7]

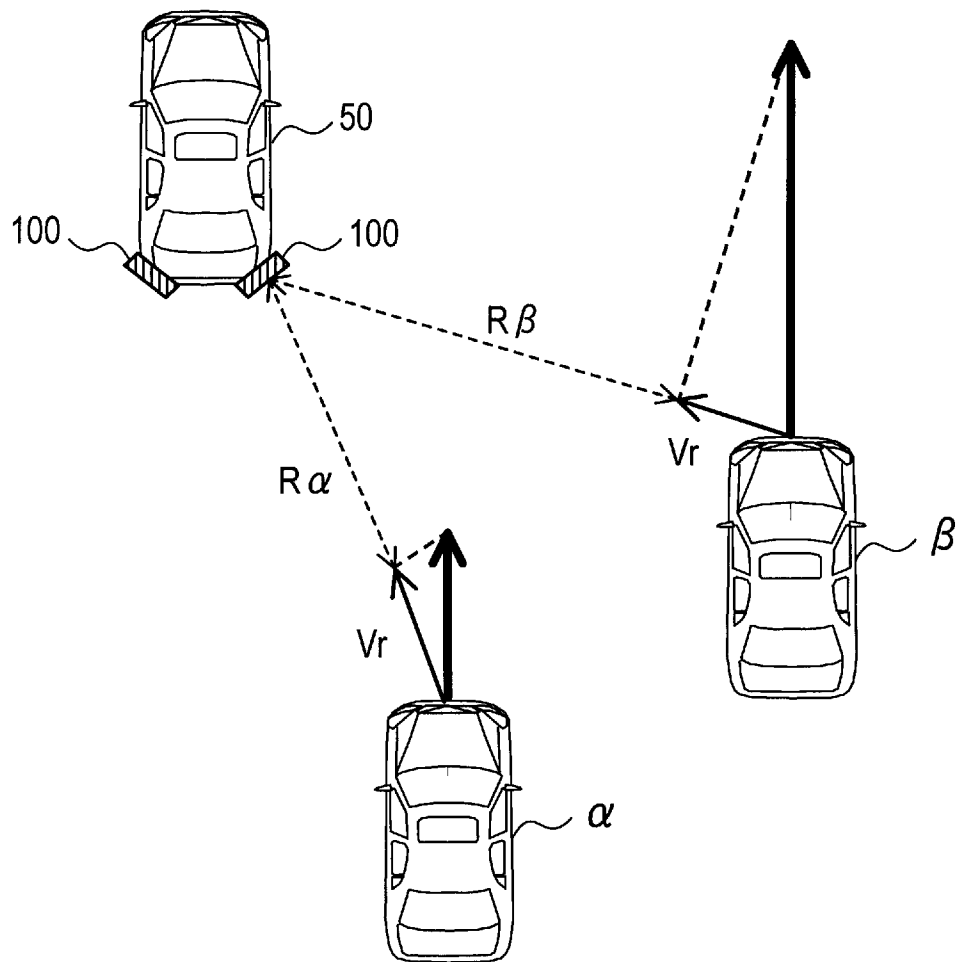


FIG. 7

[図8]

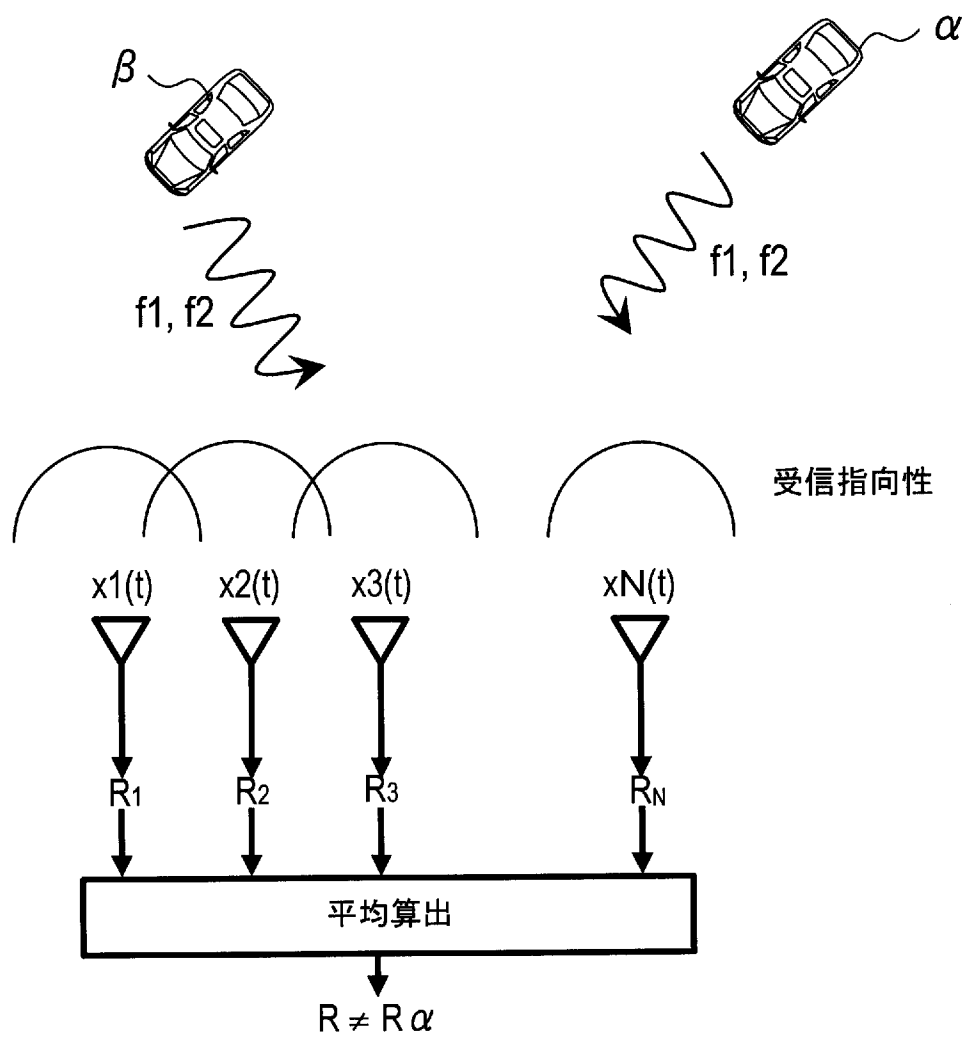


FIG. 8

[図9]

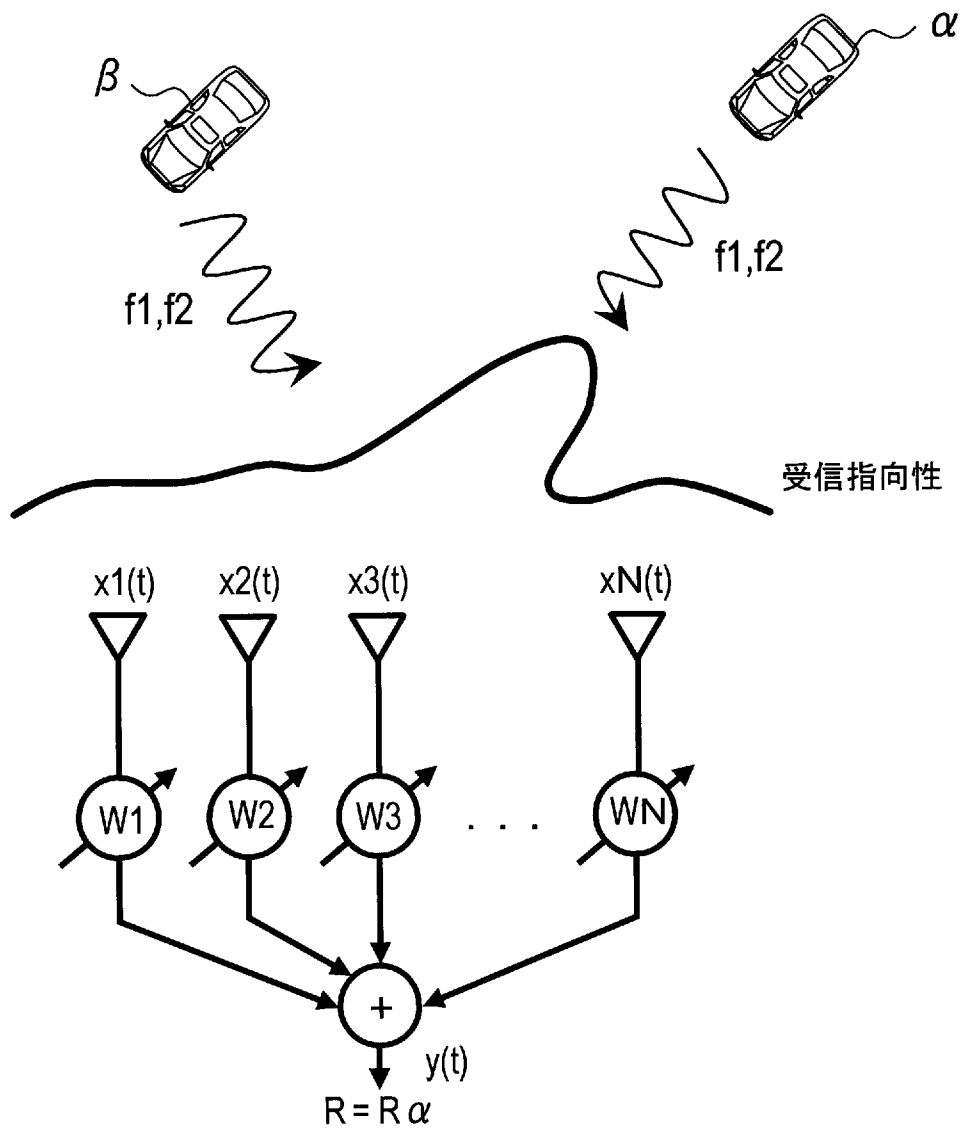


FIG. 9

[図10]

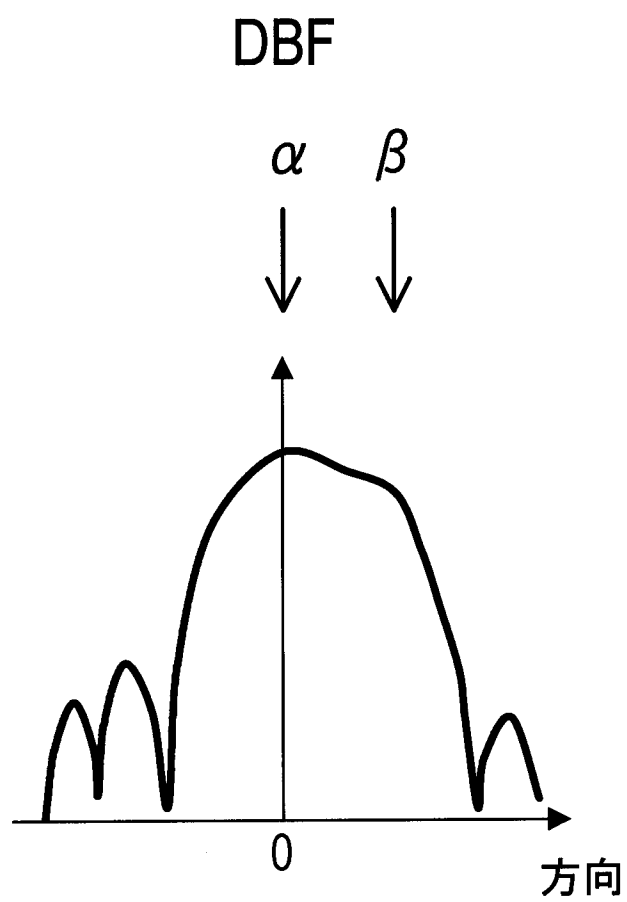


FIG. 10

[図11]

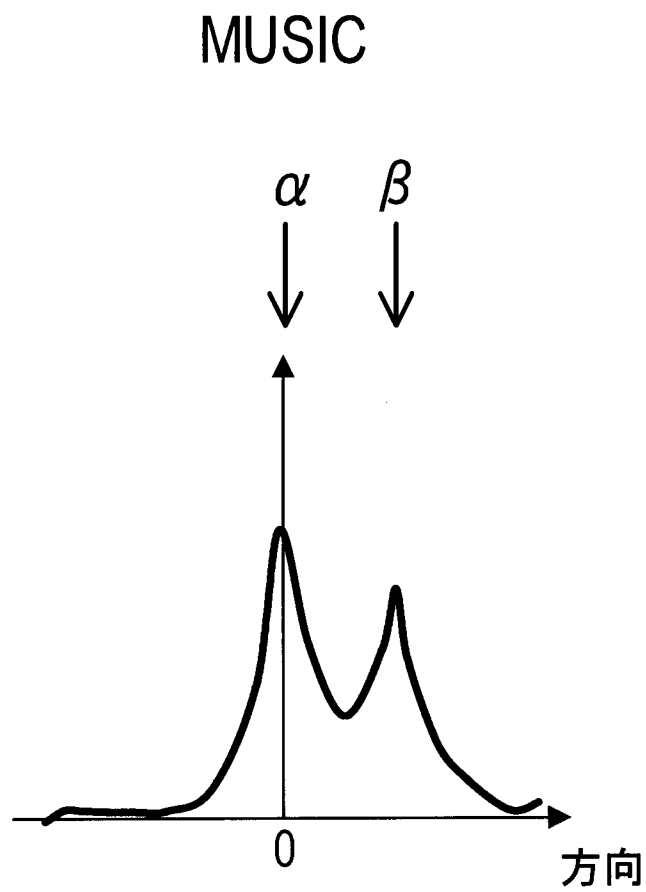


FIG. 11

[図12]

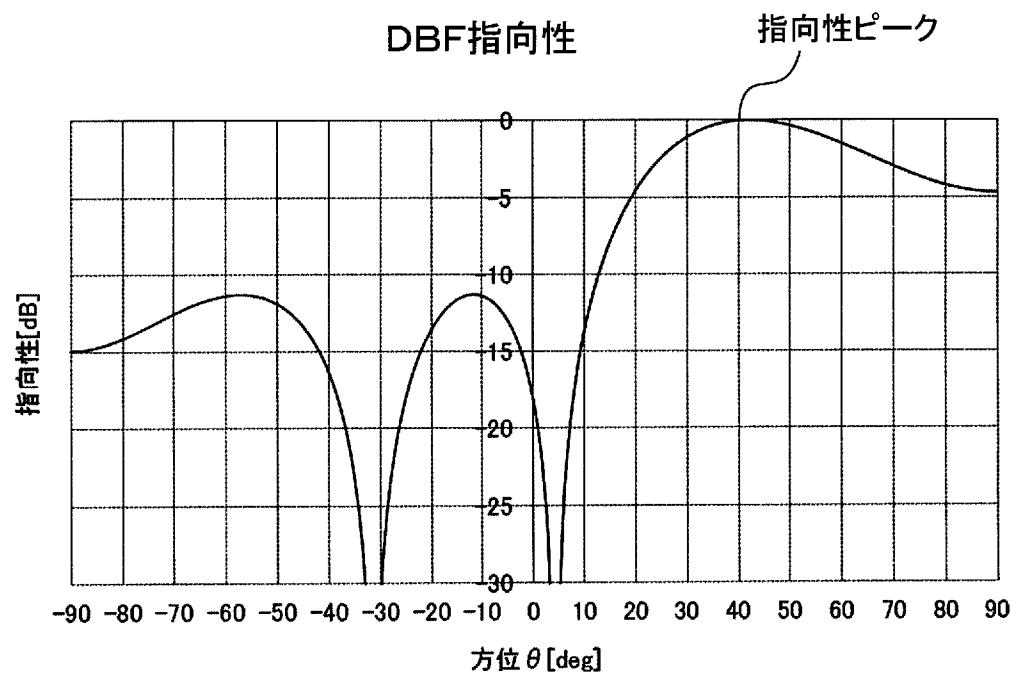


FIG. 12

[図13]

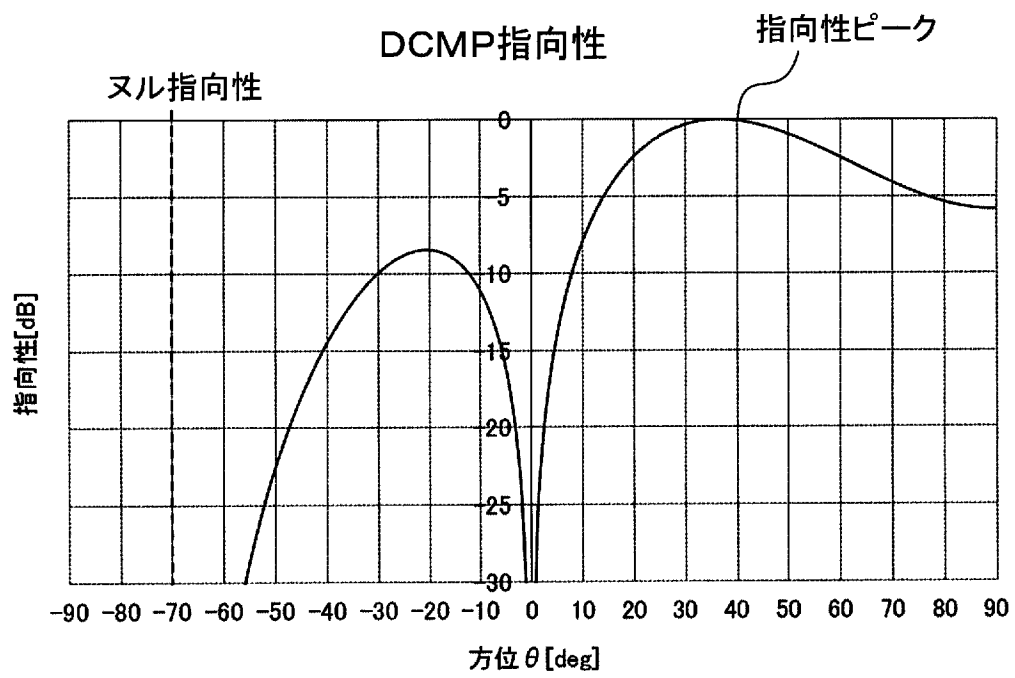


FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010436

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/34(2006.01)i, G01S7/02(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01S13/00-13/95, G01S7/00-7/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2009-265007 A (Hitachi, Ltd.), 12 November 2009 (12.11.2009), paragraphs [0027] to [0029], [0078] to [0084]; fig. 9 to 10 & US 2009/0267822 A1 paragraphs [0052] to [0055], [0106] to [0112]; fig. 9 to 10 & EP 2113788 A2	1-3
Y	JP 2010-122024 A (Japan Radio Co., Ltd.), 03 June 2010 (03.06.2010), paragraphs [0011] to [0046]; fig. 1 (Family: none)	1-3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
31 May 2017 (31.05.17)

Date of mailing of the international search report
13 June 2017 (13.06.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010436

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-197138 A (Toyota Motor Corp.), 09 September 2010 (09.09.2010), paragraphs [0041] to [0088]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-3
A	JP 2007-147534 A (Mitsubishi Electric Corp.), 14 June 2007 (14.06.2007), paragraph [0002] (Family: none)	1-3
A	EP 351934 A1 (PLESSEY OVERSEAS LTD.), 24 January 1990 (24.01.1990), column 2, line 14 to column 5, line 50; fig. 1 to 2 & GB 8809630 A & WO 1989/010571 A1	1-3

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S13/34(2006.01)i, G01S7/02(2006.01)i, G01S13/93(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S13/00-13/95, G01S7/00-7/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-265007 A（株式会社日立製作所）2009.11.12, 段落[0027]-[0029], [0078]-[0084], 図9-10 & US 2009/0267822 A1, [0052]-[0055], [0106]-[0112], FIGs. 9-10 & EP 2113788 A2	1-3
Y	JP 2010-122024 A（日本無線株式会社）2010.06.03, 段落[0011]-[0046], 図1（ファミリーなし）	1-3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

31.05.2017

国際調査報告の発送日

13.06.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

吉田 久

2S

3902

電話番号 03-3581-1101 内線 3216

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-197138 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.09.09, 段落[0041]-[0088], 図1-7 (ファミリーなし)	1-3
A	JP 2007-147534 A (三菱電機株式会社) 2007.06.14, 段落[0002] (ファミリーなし)	1-3
A	EP 351934 A1 (PLESSEY OVERSEAS LIMITED) 1990.01.24, 第2欄第14行-第5欄第50行, Figs.1-2 & GB 8809630 A & WO 1989/010571 A1	1-3