

WO 2015/088030 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

ターゲットを検出するための演算負荷を低減することを目的とした、3つ以上の感度の方位分布パターンの何れか一つを選択して送信又は受信可能なアンテナを有するレーダ装置を用いた反射波到来方向の推定方法であって、3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第1、第2及び第3のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第1、第2及び第3の反射信号をそれぞれ得て、第1、第2及び第3の反射信号に基づいて反射波中のターゲットの数を推定して第1、第2及び第3のターゲット数をそれぞれ得て、第1、第2及び第3のターゲット数、並びに、第1のパターンの感度の方位分布、第2のパターンの感度の方位分布及び第3のパターンの感度の方位分布を用いて、ターゲットの推定個数及びターゲットの存在方位を推定する、反射波到来方向の推定方法。

明 細 書

発明の名称： 反射波到来方向の推定方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、レーダにおける、反射波到来方向の推定方法に関する。

背景技術

[0002] 近年、ミリ波等のレーダを用いて、他物体（反射物、対象物、ターゲットともいう）からの反射波に基づき、ターゲットとの距離、相対速度および方位を測定して、ターゲットを検出するレーダ装置が実用化されている。例えば、車載用レーダとしては、FMCW（Frequency Modulated Continuous Wave）レーダ、多周波CW（Continuous Wave）レーダ、およびパルスレーダ等の方式を利用したレーダ装置が知られている。

[0003] このようなレーダ装置として、アレーアンテナ方式の電子走査式レーダ装置（エレメントスペース方式ともいう）や、独立マルチビーム方式のレーダ装置（ビームスペース方式ともいう）が知られている。

[0004] 近年、独立マルチビーム方式用に誘電体レンズアンテナが研究されている（例えば、非特許文献1参照。）車載用の独立マルチビーム方式レーダ装置においても、誘電体レンズアンテナを用いたレーダ装置が開発されている（例えば、特許文献1参照。）。

[0005] このような車載用レーダにおいて、ターゲットからの到来波（受信波）方向を検出する信号処理技術としては、近年、少ないチャンネル数で高い分解能が得られるARスペクトル推定法（最大エントロピー法や線形予測法も含まれる）や、MUSIC（Multiple Signal Classification：多重信号分類）法などの高分解能アルゴリズムを使用したスペクトル推定法が用いられている（例えば、特許文献2、3、非特許文献1－3参照。）。このような反射波到来方向を検出する信号処理技術を採用し、高利得と、広角スキャンングとを同時に実現することにより、例えば、

二輪車や人など反射断面積が小さいターゲットを確実に検出することを可能にする。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-156582号公報

特許文献2：特開2012-168156号公報

特許文献3：特開2012-168157号公報

非特許文献

[0007] 非特許文献1：電子情報通信学会編 吉田孝監修 「改訂レーダ技術」 株式会社コロナ社 1996年

非特許文献2：菊間信良著 「アダプティブアンテナ技術」 株式会社オーム社 2003年

非特許文献3：山田寛喜著 「高分解能到来波推定法の基礎と実際」 電子情報通信学会 アンテナ・伝播研究専門委員会 2006年

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 上述したように、従来の複数のビームを形成するレーダの技術においては、ターゲットを検出するための方式として様々な検出方式が提案されている。しかしながら、このような従来の複数のビームを形成するレーダの技術においては、ターゲットを検出するための演算負荷が大きくなることがあった。

[0009] 本発明は、このような事情を考慮して為されたものであり、ターゲットを検出するための演算負荷を低減することができるレーダ装置、レーダ方法、および制御プログラムを提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0010] 上述した課題を解決するために、本発明の一態様に係る反射波到来方向の推定方法は、3つ以上の感度の方位分布パターンの何れか一つを選択して送

信又は受信可能なアンテナを有するレーダ装置を用いた、反射波到来方向の推定方法であって、前記3つ以上の感度の方位分布パターンの中の一つである第1のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第1の反射信号を得、前記第1の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第1のターゲット数を得、前記3つ以上の感度の方位分布パターンの中の一つである第2のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第2の反射信号を得、前記第2の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第2のターゲット数を得、前記3つ以上の感度の方位分布パターンの中の一つである第3のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第3の反射信号を得、前記第3の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第3のターゲット数を得、前記第1のターゲット数、並びに前記第2のターゲット数、並びに前記第3のターゲット数、並びに前記第1のパターンの感度の方位分布及び第2のパターンの感度の方位分布及び第3のパターンの感度の方位分布を用いて、ターゲットの推定個数及びターゲットの存在方位を推定する。

[0011] 本発明の一態様は、前記推定されたターゲットの分布方位に対して前記アンテナが感度を有する前記感度の方位分布パターンを、前記3つ以上の感度の方位分布パターンから一つ選択し、当該選択されたパターンが前記第1から第3のパターンの何れかである場合は、そのパターンにおいて得られた前記反射信号を、反射波到来方位推定用信号として選択し、当該選択されたパターンが前記第1から第3のパターンの何れでもない場合は、当該選択されたパターンにて電波の送信又は受信或いはその両方を行って反射波到来方位推定用信号を得、前記ターゲットの推定個数、及び反射波到来方位推定用信号を用いて、前記選択されたパターンにおいて前記アンテナが感度を持つ方位に対して反射波の到来方向を推定する計算を行う方法でもよい。

[0012] 本発明の一態様は、前記アンテナは、前記第1のパターンにおいて感度を有さない方位の一部において、前記第2のパターンにおいては感度を有し、

前記アンテナは、前記第2のパターンにおいて感度を有さない方位の一部において、前記第3のパターンにおいては感度を有し、前記アンテナは、前記第3のパターンにおいて感度を有さない方位の一部において、前記第1のパターンにおいては感度を有する方法でもよい。

[0013] 本発明の一態様は、前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、前記第1から第3のパターンの内の何れか一つ以上において、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上であり、且つ前記アンテナ素子の総数よりも少ない数のアンテナ素子が駆動される方法でもよい。

[0014] 本発明の一態様は、前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、前記第1から第3のパターンの内の少なくとも2つのパターンにおいて、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上であり、且つ前記アンテナ素子の総数よりも少ない数のアンテナ素子が駆動され、前記2つのパターンにおいて、駆動される前記アンテナ素子の組み合わせが異なる方法でもよい。

[0015] 本発明の一態様は、前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、前記第1から第3のパターンの内の少なくとも2つのパターンにおいて、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上であり、且つ前記アンテナ素子の総数よりも少ない数のアンテナ素子が駆動され、前記2つのパターンにおいて、駆動されるアンテナ素子の内の少なくとも一つは、送信若しくは受信する電波に位相差を付与する位相器を有し、前記位相器が付与する位相差は可変であり、前記2つのパターンにおいて、前記位相器が付与する位相差の値は異なる方法でもよい。

[0016] 本発明の一態様は、前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、前記3つ以上のアンテナ素子の内の少なくとも2つは、感度を有する方位が互いに重ならない方法でもよい。

[0017] 本発明の一態様は、前記アンテナは誘電体レンズを含む方法でもよい。

[0018] 本発明の一態様は、前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有するフェーズドアレイアンテナであり、前記3つ以上のアンテナ素子の内の少なくとも2つは送信する電波に位相差を付与する位相器を有し、前記第1から第3

のパターンの内の少なくとも2つのパターンにおいて、前記位相器によって電波に位相差を付与する事によりビームフォーミングが行われ、前記少なくとも2つのパターンにおいて各々パターンはアンテナから互いに異なる方向に伸びるビーム形状である方法でもよい。

[0019] 本発明の一態様は、前記第1から第3の何れかの反射信号の内、前記少なくとも2つのパターンでの送信及び受信によって得られた少なくとも2つの反射信号の各々に対して、各反射信号を得た際の前記パターンにおいて前記ビームが伸びる方向の成分を抽出するデジタルビームフォーミングが行われる方法でもよい。

[0020] 本発明の一態様は、前記第1から第3のパターンの全てにおいて、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上が駆動され、前記第1から第3のターゲット数を得る際には、前記第1から第3の反射信号について、各々相関行列、及び該相関行列の固有値が各々計算される方法でもよい。

[0021] 上述した課題を解決するために、本発明の一態様に係る不揮発性の記憶媒体に記録されコンピュータに実行させる制御プログラムは、3つ以上の感度の方位分布パターンの何れか一つを選択して送信又は受信可能なアンテナを有するレーダ装置を用いた、反射波到来方向の推定を、不揮発性の記憶媒体に記録されコンピュータに実行させる制御プログラムであって、前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第1のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第1の反射信号を得、前記第1の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第1のターゲット数を得、前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第2のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第2の反射信号を得、前記第2の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第2のターゲット数を得、前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第3のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第3の反射信号を得、前記第3の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第3のターゲット数を得、前記第

1のターゲット数、並びに前記第2のターゲット数、並びに前記第3のターゲット数、並びに前記第1のパターンの感度の方位分布及び第2のパターンの感度の方位分布及び第3のパターンの感度の方位分布を用いて、ターゲットの推定個数及びターゲットの存在方位を推定する、一時的ではなくコンピュータで読み出し可能な記憶媒体に記録されるプログラム。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、ターゲットの状況に応じて適切な検出方式を選択することができるレーダ装置、レーダ方法、および制御プログラムを提供することが可能になる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図2]FMCW方式の信号処理部の第1の構成例を示すブロック図である。

[図3]送信信号と受信信号との関係の一例を示すグラフである。

[図4]ビート周波数とそのピーク値とを示すグラフである。

[図5]FMCW方式の信号処理部の第2の構成例を示すブロック図である。

[図6]マルチビームの指向性の一例を示すグラフである。

[図7]方位検出部において行われる処理の流れを示す概略図である。

[図8]方位検出部において行われる処理の流れの第1の変形例を示す概略図である。

[図9]方位検出部において行われる処理の流れの第2の変形例を示す概略図である。

[図10]信号処理部において行われる処理の流れを示す概略図である。

[図11]独立マルチビームと下位クラスとの関係を示す模式図である。

[図12]本実施形態の到来波数が3波である場合の適合条件の一例を示す表である。

[図13]本実施形態の到来波数が2波である場合の適合条件の一例を示す表である。

[図14]本実施形態の到来波数が1波である場合の適合条件の一例を示す表である。

[図15]本実施形態の変形例の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0024] <用語の説明>

本発明の実施形態を説明するに先立って、用語に付いて説明をする。

本願では、独立した複数のビームを形成するアンテナの方式を「独立マルチビームアンテナ方式」と呼ぶ。なお、ビームとは、各アンテナ素子の前面に広がる、当該アンテナが入射電波に対して感度を持つ領域、若しくは放射される電波が広がって行く領域、の事を意味する。

「独立マルチビームアンテナ」は、方向が相互に異なる独立した複数のビームを形成するアンテナである。独立マルチビームアンテナの典型例は、複数の焦点を有するレンズまたは反射鏡と、複数の焦点の位置にそれぞれ置かれた複数のアンテナ素子（複数のビーム素子または複数のフィード素子）とを備える。

独立マルチビームアンテナの他の例は、複数の部分アレーアンテナを備える。部分アレーアンテナごとにビームの放射方向を変えることにより、異なる方向に複数のビームを同時に放射したり、「同時」に準ずる「十分に短い時間」内において、順次、異なる方向に1個または複数のビームを放射したりすることができる。各部分アレーアンテナはアレー状に配置された数個のアンテナ素子を有しており、これら数個のアンテナ素子を利用してある特定方向へのビームを放射する。各アンテナ素子は、いずれか1つの部分アレーアンテナの構成要素であってもよいし、2つまたはそれ以上の部分アレーアンテナの構成要素であってもよい。各「部分アレーアンテナ」は、上述の「ビーム素子」または「フィード素子」に対応する。

独立マルチビームアンテナの場合、複数のビーム素子の各々における受信信号は、ビームの方向に応じて異なる信号である。より具体的には、あるビームの受信信号は、他のビームの受信信号から独立しており、これらの受信

信号の間に実質的な相関はない。なお、上述した部分アレーアンテナに関しては、各部分アレーアンテナを構成するアンテナ素子間では相関はあり得る。

[0025] 形成するビームが重畳する3つ以上のアンテナ素子から構成されるアレーアンテナを、本願発明ではフェーズドアレイアンテナと呼ぶ。独立マルチビームアンテナとは対立する概念である。但し、フェーズドアレイアンテナを複数個含み、その複数のフェーズドアレイアンテナ相互の間では信号の間の相関が小さいアンテナを構成する事は可能である。このようなアンテナは、独立マルチビームアンテナにおいて、各ビームを形成するアンテナが部分アレーアンテナであり、かつその部分アレーアンテナがフェーズドアレイアンテナである場合である。

[第1の実施形態]

以下、図面を参照し、本発明の第1の実施形態について説明する。

[0026] <独立マルチビーム方式レーダ装置の構成例>

図1は、本発明の実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置101の構成を示すブロック図である。本実施形態では、本発明を、誘電体レンズアンテナを用いた独立マルチビーム方式の車載用ミリ波レーダに適用した場合を示す。

[0027] 図1に示すように、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置101は、誘電体レンズ1と、複数の1次フィードであるM個のビーム素子（アンテナ素子）2-1～2-Mと、M個の方向性結合器3-1～3-Mと、M個のミキサ4-1～4-Mと、M個のフィルタ5-1～5-Mと、SW（スイッチ）6と、ADC（A/D（Analog to Digital）コンバータ）7と、信号処理部8と、制御部11と、VCO（Voltage Controlled Oscillator：電圧制御発振器）12と、分配器13と、を備えている。ここで、Mは、ビーム素子2-1～2-Mの素子数である。

[0028] また、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置101は、M個

の方向性結合器 3-1 ~ 3-M と M 個のミキサ 4-1 ~ 4-M との間に M 個のアンプ（増幅器） 21-1 ~ 21-M を備えており、SW6 と ADC7 との間にアンプ 22 を備えており、制御部 11 と VCO12 との間にアンプ 23 を備えており、分配器 13 と M 個のミキサ 4-1 ~ 4-M との間に M 個のアンプ 24-1 ~ 24-M を備えており、分配器 13 と M 個の方向性結合器 3-1 ~ 3-M との間に M 個のアンプ 25-1 ~ 25-M を備えている。

[0029] ここで、本実施形態では、誘電体レンズ 1 と複数のビーム素子 2-1 ~ 2-M によってアンテナ部が構成されている。また、ビーム素子 2-1 ~ 2-M 毎に接続された方向性結合器 3-1 ~ 3-M により、送信と受信を同時に行うことができるマルチビームが形成される。

[0030] <信号処理部の第 1 の構成例>

図 2 は、FMCW 方式の信号処理部の第 1 の構成例（信号処理部 8 と記す）を示すブロック図である。図 2 に示すように、本実施形態の第 1 の構成例に係る信号処理部 8 は、メモリ 51 と、周波数分解処理部 52 と、ピーク検知部 53 と、ピーク組合せ部 54 と、距離／速度検出部 55 と、ペア確定部 56 と、方位検出部 57 と、ターゲット確定部 58 と、を備えている。

[0031] <第 1 の構成例に係る信号処理部 8 を備えた独立マルチビーム方式レーダ装置 101 における動作例>

再び図 1 を参照して、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置 101 において行われる動作の例を示す。制御部 11 は、FMCW 方式を採用しており、アンプ 23 を介して、VCO12 に信号を出力する。

[0032] VCO12 は、制御部 11 から入力された信号に基づき、周波数変調を施した CW 信号（FMCW 信号）を分配器 13 に出力する。分配器 13 は、VCO12 から入力された FMCW 信号を 2 つに分配して、一方の分配信号を各アンプ 25-1 ~ 25-M を介して各方向性結合器 3-1 ~ 3-M に出力し、他方の分配信号を各アンプ 24-1 ~ 24-M を介して各ミキサ 4-1 ~ 4-M に出力する。

[0033] 分配器 13 から各方向性結合器 3-1 ~ 3-M に送られた FMCW 信号は

、当該各方向性結合器 3-1 ~ 3-M を介して各ビーム素子 2-1 ~ 2-M に送られ、当該各ビーム素子 2-1 ~ 2-M から誘電体レンズ 1 を介して送信（無線で送信）される。

[0034] この送信波は、ターゲットによって反射された場合に、反射波として戻ってくる。この場合、この反射波は、誘電体レンズ 1 を介して、各ビーム素子 2-1 ~ 2-M により受信され、各方向性結合器 3-1 ~ 3-M に入力される。この受信波（受信された反射波）は、各方向性結合器 3-1 ~ 3-M から各アンプ 21-1 ~ 21-M を介して各ミキサ 4-1 ~ 4-M に入力される。

[0035] 各ミキサ 4-1 ~ 4-M は、各方向性結合器 3-1 ~ 3-M から入力された受信波（受信信号）と分配器 13 から入力された FMCW 信号（送信信号）とをミキシングし、その結果の信号であるビート信号を各フィルタ 5-1 ~ 5-M に出力する。ここでは、素子数（M 個）のビート信号が生成されている。

[0036] 各フィルタ 5-1 ~ 5-M は、各ミキサ 4-1 ~ 4-M から入力されたビート信号をフィルタリング（帯域制限）して、当該帯域制限されたビート信号を SW6 に出力する。ここで、各ミキサ 4-1 ~ 4-M から各フィルタ 5-1 ~ 5-M に入力されるビート信号は、各ミキサ 4-1 ~ 4-M において生成された各ビーム素子 2-1 ~ 2-M に対応したチャンネル（CH）1 ~ M のビート信号に相当する。

[0037] SW6 は、制御部 11 により制御されてスイッチング動作を行い、M 個のフィルタ 5-1 ~ 5-M から入力されるビート信号を、アンプ 22 を介して ADC7 に出力する。具体的には、SW6 は、制御部 11 から入力されるサンプリング信号に対応して、各フィルタ 5-1 ~ 5-M を通過した各ビーム素子 2-1 ~ 2-M に対応した CH1 ~ M のビート信号を、順次切り替えて、アンプ 22 を介して ADC7 に出力する。

[0038] ADC7 は、制御部 11 により制御されて、SW6 から入力されたビート信号を A/D 変換して、信号処理部 8 に出力する。具体的には、ADC7 は

、SW6からサンプリング信号に同期して入力される、各ビーム素子2-1～2-Mに対応したCH1～Mのビート信号を、サンプリング信号に同期してA/D変換することで、アナログ信号からデジタル信号へ変換し、このデジタル信号を信号処理部8におけるメモリ（本実施形態では、図2または図5に示されるメモリ51）の波形記憶領域に順次記憶させる。これにより、ビーム素子2-1～2-M毎（素子CH毎）の受信データ（ビート信号のデータ）が信号処理部8に送られる。

[0039] 制御部11は、SW6のスイッチング動作を制御する。また、制御部11は、ADC7を制御する。具体的には、制御部11は、SW6およびADC7にサンプリング信号を出力する。ここで、制御部11は、例えば、マイクロコンピュータなどにより構成されており、図示しないROM（Read Only Memory）などの、不揮発性の記憶媒体に記録された制御プログラムに基づき、図1に示す独立マルチビーム方式レーダ装置101全体の制御を行う。なお、本実施形態では、誘電体レンズ1、ビーム素子2-1～2-M、方向性結合器3-1～3-M、アンプ21-1～21-M、ミキサ4-1～4-M、フィルタ5-1～5-M、SW6、アンプ22、ADC7により、受信部が構成されている。なお、受信部は、誘電体レンズ1の代わりに、信号波を反射させる反射鏡を用いて構成されていてもよい。また、本実施形態では、VCO12、分配器13により、ビート信号生成部が構成されている。

[0040] 次に、図2に示される本実施形態の第1の構成例に係るFMCW方式の信号処理部8において行われる動作の例を示す。メモリ51は、ADC7からのデータにより、波形記憶領域に対して、受信信号（ビート信号）がA/D変換された時系列データ（上昇部分および下降部分）を、ビーム素子2-1～2-M毎に対応させて記憶している。例えば、上昇部分および下降部分のそれぞれにおいて256個をサンプリングした場合、 2×256 個 $\times$ 素子数のデータが、波形記憶領域に記憶される。このように、各ビーム素子2-1～2-MのCH毎のビート信号が、メモリ51に格納される。

[0041] 周波数分解処理部 5 2 は、例えばフーリエ変換などにより、各 $CH1 \sim CHM$ （各ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ ）に対応するビート信号のそれぞれを、予め設定された分解能に応じて周波数成分に変換することにより、ビート周波数を示す周波数ポイントと、そのビート周波数の複素数データを出力する。例えば、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ 毎に上昇部分および下降部分のそれぞれが 256 個のサンプリングされたデータを有する場合、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ 毎の複素数の周波数領域データとしてビート周波数に変換され、上昇部分および下降部分のそれぞれにおいて 128 個の複素数データ（ 2×128 個 $\times$ 素子数のデータ）となる。また、ビート周波数は周波数ポイントにて示されている。

このように、周波数分解処理部 5 2 は、各ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の CH 毎に、ビート信号をフーリエ変換などして、ビート周波数のレンジに変換する。

[0042] ピーク検知部 5 3 は、周波数変換されたビート周波数の三角波の上昇領域および下降領域のそれぞれの強度のピーク値に関し、複素数データを用いて信号強度（または、振幅など）におけるピークから、予め設定された数値（ピーク検知閾値）を超えるピーク値を有するビート周波数を検出することにより、ビート周波数毎のターゲットの存在を検出して、ターゲット周波数を選択する。

このように、ピーク検知部 5 3 は、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ における複素数データのそれぞれを周波数スペクトル化することにより、それぞれのスペクトルの各ピーク値を、ビート周波数、すなわち距離に依存したターゲットの存在として検出することができる。

[0043] ピーク組合せ部 5 4 は、ビーム素子毎でピーク検知部 5 3 が出力するビート周波数とそのピーク値について、上昇領域および下降領域のそれぞれのビート周波数とそのピーク値をマトリクス状に総当たりにて組み合わせ、これにより上昇領域および下降領域のそれぞれのビート周波数を全て組み合わせ、順次、距離／速度検出部 5 5 へ出力する。

[0044] なお、本実施形態では、このような組み合わせが、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の C H 毎に行われるので、それぞれのビーム方位でターゲットの存在が検出できる。

[0045] 距離／速度検出部 55 は、順次入力される上昇領域および下降領域のそれぞれの組み合わせのビート周波数を加算した数値によりターゲットとの距離 r を演算する。また、距離／速度検出部 55 は、順次入力される上昇領域および下降領域のそれぞれの組み合わせのビート周波数の差分によりターゲットとの相対速度 v を演算する。

[0046] なお、本実施形態では、このような距離 r および相対速度 v の演算が、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の C H 毎に行われる。

[0047] ペア確定部 56 は、C H 毎に、入力される距離 r 、相対速度 v および上昇、下降のピーク値レベル p_u 、 p_d により、第 1 のペアテーブルを生成し、ターゲット毎に対応した上昇領域および下降領域のそれぞれのピークの適切な組み合わせを判定し、第 2 のペアテーブルとして上昇領域および下降領域のそれぞれのピークのペアを確定し、確定した距離 r および相対速度 v を示すターゲット群番号をターゲット確定部 58 へ出力する。

[0048] 第 1 のペアテーブルは、ピーク組合せ部 54 における上昇領域および下降領域のビート周波数のマトリクスと、そのマトリクスの交点、すなわち上昇領域および下降領域のビート周波数の組み合わせにおける距離および相対速度とを示すテーブルである。

第 2 のペアテーブルは、ターゲット群毎の距離および相対速度と周波数ポイントを示すテーブルである。一例として、第 2 のペアテーブルには、ターゲット群番号に対応して、距離、相対速度および周波数ポイント（上昇領域および／または下降領域）が記憶される。なお、第 1 のペアテーブルおよび第 2 のペアテーブルは、例えば、ペア確定部 56 の内部記憶部に記憶される。

[0049] ペア確定部 56 では、例えば、前回の検知サイクルにて最終的に確定した各ターゲットとの距離 r および相対速度 v から今回の検知サイクルにて予測

される値を優先してターゲット群の組み合わせの選択を行う等の手法を用いることもできる。

[0050] また、ペア確定部56は、CH毎にペアが確定した周波数を周波数分解処理部52に通知する。これを受けて、周波数分解処理部52は、方位推定（方位検出）を行うためのビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ （CH）の特定周波数ポイントデータ（複素数データ）を方位検出部57に出力する。つまり、あるCHの特定周波数ポイントにペアがあれば、他のCHの同一周波数ポイントのデータとセットで方位検出する複素数データとすることになる。ここで、この複素数データとしては、上りと下りのいずれか一方が用いられてもよく、或いは、上りと下りの両方が用いられてもよい。

[0051] 方位検出部57は、アダプティブ方式によってターゲットの方位を検出する。ここでは、アダプティブ方式によるターゲットの方位検出について説明する。方位検出部57は、高分解能アルゴリズムのMUSIC法や線形予測法等を用いてスペクトル推定処理を行う。方位検出部57は、スペクトル推定の結果に基づいて対応するターゲットの方位を検出し、ターゲット確定部58へ出力する。

これに際して、本実施形態では、方位検出部57は、アンテナを構成する複数のビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ に係る複素数データ（ビーム素子データ）をフーリエ変換することにより、仮想アレーアンテナを構成する複数の仮想アレー素子に係る複素数データ（仮想アレーデータ）としてから、高分解能アルゴリズムのMUSIC法や線形予測法等を用いてスペクトル推定処理を行う。このとき、方位検出部57は、アンテナ部が送信可能なマルチビームのうちから選択した複数のビームに基づいて、ターゲットの方位推定処理を行う。この方位検出部57がビームの選択する仕組みについては、後述する。なお、本実施形態において、方位検出部57は、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ に係る複素振幅データに基づく、高分解能アルゴリズムの最尤推定法によってターゲットの方位を検出してもよい。

[0052] ターゲット確定部58は、ペア確定部56が出力する距離 r 、相対速度 v

、周波数ポイントと、方位検出部 57 によって検出されたターゲットの方位とを用いて、ターゲットを確定する。このように、ターゲットの距離 r と相対速度 v と共に方位が決まり、ターゲットが確定される。このアダプティブ方式によれば、モノパルス方式に比べて演算量が多くなることがあるが、ビーム内に複数のターゲットが存在する場合であっても、それぞれのターゲットを個別に確定することができる。具体的には、本実施形態のアンテナの構成において、単一のビーム内の、ターゲットの距離の分解能以下の範囲に複数のターゲットが存在する場合に、モノパルス方式によると、これら複数のターゲットをそれぞれ検出することができない場合であっても、アダプティブ方式によれば、これら複数のターゲットをそれぞれ検出可能である。

[0053] なお、方位検出部 57 は、モノパルス方式によってターゲットの方位を検出してもよい。このモノパルス方式によるターゲットの方位検出について説明する。モノパルス方式の方位検出においては、マルチビームのうち、アンテナパターンが一部重なりあった 2 つのビームを 1 組にして使用する。このモノパルス方式によれば、1 組のビーム内にある単一のターゲットを検出可能である。方位検出部 57 は、これら 2 つのビームの反射波の和信号 Σ および差信号 Δ に基づいて、ターゲットの方位を検出する。このモノパルス方式によるターゲットの方位検出によれば、アダプティブ方式に比べて一般的に演算量が少ない。このため、モノパルス方式によれば、アダプティブ方式に比べて高速処理が可能になる。

[0054] ターゲット確定部 58 は、方位検出部 57 が検出したターゲットの方位に基づいて、ターゲットを確定する。

[0055] <ターゲットとの距離、相対速度、角度（方位）を検出する原理>

次に、本実施形態における信号処理部 8 において用いられる、独立マルチビーム方式レーダ装置 101 とターゲットとの距離、相対速度、角度（方位）を検出する原理について概略を説明する。ここでは、FMCW 方式を例とする。

[0056] 図 3 は、送信信号 1001 と受信信号 1002 との関係の一例を示すグラ

フである。図3の例では、ターゲットが1つである場合を示す。

図3(A)は、FMCW信号とビート信号の関係を示す図である。具体的には、送信信号対時間と受信信号対時間の関係、およびビート信号対時間の関係を示す。図3(A)では、横軸が時間を示し、縦軸が周波数を示す。

[0057] 図3(B)は、上り(上昇領域)と下り(下降領域)についてターゲットからの受信信号のレベルの例を示す図である。具体的には、上昇領域および下降領域の受信信号対周波数の関係を示す。図3(B)では、横軸が周波数を示し、縦軸が信号レベル(強度)を示す。

[0058] 図3(A)に示される信号は、例えば制御部11により生成された三角波の信号をVCO12において周波数変調した送信信号1001と、その送信信号1001をターゲットが反射して受信された受信信号1002と、これらのビート信号1003である。なお、図3(A)には、上りの区間1004と、下りの区間1005が示されている。また、図3(A)には、中心周波数 f_0 と、変調幅 Δf と、変調時間 T が示されている。

[0059] 図3(A)に示すように、送信する送信信号1001に対し、ターゲットからの反射波である受信信号1002が、ターゲットとの距離に比例して右方向(時間遅れ方向)に遅延されて受信される。また、ターゲットからの反射波である受信信号1002が、ターゲットとの相対速度に比例して、送信信号1001に対して上下方向(周波数方向)に変動する。すなわち、ビート信号1003によれば、ターゲットとの距離およびターゲットとの相対速度を推定することができる。

[0060] そして、図3(A)にて求められたビート信号1003の周波数変換(フーリエ変換やDTC、アダマール変換、ウェーブレット変換など)の後において、図3(B)に示されるように、ターゲットが1つである場合、上昇領域および下降領域のそれぞれに1つのピーク値を有することになる。すなわち、ビート信号1003を周波数変換した信号のピーク値を求めることにより、ターゲットの数を推定することができる。

具体的には、上りの受信信号1011においては、周波数 f_u で、ピーク

値を有している。また、下りの受信信号 1012 においては、周波数 f_d で、ピーク値を有している。

[0061] 図4は、ビート信号を周波数分解した結果であり、ビート周波数とそのピーク値とを示すグラフである。ここで、図4のグラフでは、横軸がビート周波数の周波数ポイントを示し、縦軸が信号のレベル（強度）を示している。具体的には、図4（A）には、上りの特定ビームCHのビート信号1021について、予め設定された数値（ピーク検知閾値）1022を超えるピーク値を有する3つのビート周波数 f_{u1} 、 f_{u2} 、 f_{u3} が示されている。また、図4（B）には、下りの特定ビームCHのビート信号1031について、予め設定された数値（ピーク検知閾値）1032を超えるピーク値を有する3つのビート周波数 f_{d1} 、 f_{d2} 、 f_{d3} が示されている。このように、この例では、距離方向に3つのターゲットが存在している。

[0062] 図2に戻り、周波数分解処理部52は、メモリ51に蓄積されたビート信号のサンプリングされたデータから、三角波の上昇部分（上り）と下降部分（下り）とのそれぞれについて周波数分解、例えばフーリエ変換などにより離散時間に周波数変換する。すなわち、周波数分解処理部52は、ビート信号を予め設定された周波数帯域幅を有するビート周波数に周波数分解して、ビート周波数毎に分解されたビート信号に基づいた複素数データを算出する。

[0063] その結果、図3（B）に示すように、上昇部分と下降部分とにおいて、それぞれの周波数分解されたビート周波数毎の信号レベルのグラフが得られる。

そして、ピーク検知部53は、図3（B）に示すビート周波数毎の信号レベルからピーク値を検出し、ターゲットの存在を検出するとともに、ピーク値のビート周波数（上昇部分および下降部分の双方） f_u 、 f_d をターゲット周波数として出力する。

[0064] ピーク組合せ部54は、ビーム素子毎でピーク検知部53が出力するビート周波数とそのピーク値について、上昇領域および下降領域のそれぞれの

ート周波数とそのピーク値をマトリクス状に総当たりにて組み合わせ、これにより上昇領域および下降領域のそれぞれのビート周波数を全て組み合わせ、順次、距離／速度検出部 55 へ出力する。

[0065] 距離／速度検出部 55 は、ピーク組合せ部 54 が出力する上昇部分のターゲット周波数 f_u と、下降部分のターゲット周波数 f_d とから、式 (1) により距離 r を算出する。

[0066] [数1]

$$r = \{C \times T / (2 \times \Delta f)\} \times \{(f_u + f_d) / 2\} \quad \dots (1)$$

[0067] また、距離／速度検出部 55 は、ピーク組合せ部 54 が出力する上昇部分のターゲット周波数 f_u と、下降部分のターゲット周波数 f_d とから、式 (2) により相対速度 v を算出する。

[0068] [数2]

$$v = \{C / (2 \times f_0)\} \times \{(f_u - f_d) / 2\} \quad \dots (2)$$

[0069] 式 (1) と式 (2) の距離 r および相対速度 v を算出する式において、

C : 光速度

Δf : 三角波の周波数変調幅

f_0 : 三角波の中心周波数

T : 変調時間 (上昇部分／下降部分)

f_u : 上昇部分におけるターゲット周波数

f_d : 下降部分におけるターゲット周波数

である。

[0070] <信号処理部の第2の構成例および動作例>

図5は、FMCW方式の信号処理部の第2の構成例 (信号処理部 8a と記す) を示すブロック図である。図5に示すように、本実施形態の第2の構成例に係る信号処理部 8a は、メモリ 51 と、周波数分解処理部 52a と、ピーク検知部 53a と、方位検出部 57a と、ピーク組合せ部 54a と、距離／速度検出部 55a と、ターゲット確定部 58a と、を備えている。

[0071] ここで、メモリ 51 は、図 2 に示されるものと同様なものであり、図 2 と同じ符号を付してある。図 5 に示される構成は、FMCW方式における三角波の上り（上昇）と下り（下降）の両方で方位検知してからペア確定する構成である。

[0072] 図 5 に示される信号処理部 8a は、図 2 に示されるものと同様に、アダプティブ方式によってターゲットを確定する。信号処理部 8a は、方位推定を高分解能アルゴリズムで行うことにより、ターゲットを確定する。以下、図 2 に示されるものとの相違点について説明する。

[0073] 周波数分解処理部 52a は、アンテナ毎の上昇領域と下降領域のビート信号を複素数データに変換し、そのビート周波数を示す周波数ポイントと、複素数データとをピーク検知部 53a へ出力する。

また、周波数分解処理部 52a は、上昇領域および下降領域のそれぞれについて該当する複素数データを、方位検出部 57a へ出力する。この複素数データが、上昇領域および下降領域のそれぞれのターゲット群（上昇領域および下降領域においてピークを有するビート周波数）となる。

[0074] ピーク検知部 53a は、上昇領域および下降領域のそれぞれのピーク値と、そのピーク値が存在する周波数ポイントとを検出し、その周波数ポイントを周波数分解処理部 52a へ出力する。

[0075] 方位検出部 57a は、高分解能アルゴリズムの MUSIC 法や線形予測法等を用いてスペクトル推定処理を行う。方位検出部 57a は、スペクトル推定の結果に基づいて対応するターゲットの方位を検出する。

これに際して、本実施形態では、方位検出部 57a は、アンテナを構成する複数のビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ に係る複素数データ（ビーム素子データ）をフーリエ変換することにより、仮想アレーアンテナを構成する複数の仮想アレー素子に係る複素数データ（仮想アレーデータ）としてから、高分解能アルゴリズムの MUSIC 法や線形予測法等を用いてスペクトル推定処理を行う。

[0076] 方位検出部 57a は、上昇領域および下降領域の各々について角度 θ を検

出し、方位テーブルとしてピーク組合せ部 5 4 a へ出力する。ここで、方位テーブルは、上昇領域および下降領域のそれぞれのピークを組み合わせるためのテーブルである。

具体例として、上昇領域の方位テーブルは、ターゲット群毎に角度 1、角度 2、・・・、および周波数ポイント f が関連付けられている。例えば、ターゲット群 1 は、角度 1 の $t1_ang1$ 、角度 2 の $t1_ang2$ 、周波数ポイントの $f1$ が関連付けられている。また、ターゲット群 2 は、角度 1 の $t2_ang1$ 、角度 2 の $t2_ang2$ 、周波数ポイントの $f2$ が関連付けられている。また、以降のターゲット群についても同様である。

また、下降領域の方位テーブルは、ターゲット群毎に角度 1、角度 2、・・・、および周波数ポイント f が関連付けられている。例えば、ターゲット群 1 は、角度 1 の $t1_ang1$ 、角度 2 の $t1_ang2$ 、周波数ポイントの $f1$ が関連付けられている。また、ターゲット群 2 は、角度 1 の $t2_ang1$ 、角度 2 の $t2_ang2$ 、周波数ポイントの $f2$ が関連付けられている。また、以降のターゲット群についても同様である。

[0077] ピーク組合せ部 5 4 a は、方位検出部 5 7 a が出力する方位テーブルの情報を用いて、同様の角度を有する組み合わせを行い、上昇領域と下降領域とのビート周波数の組み合わせを距離／速度検出部 5 5 a へ出力する。

[0078] 距離／速度検出部 5 5 a は、順次入力される上昇領域および下降領域のそれぞれの組み合わせのビート周波数を加算した数値によりターゲットとの距離 r を、上述した式 (1) により演算する。

また、距離／速度検出部 5 5 a は、順次入力される上昇領域および下降領域のそれぞれの組み合わせのビート周波数の差分によりターゲットとの相対速度 v を、上述した式 (2) により演算する。

ここで、距離／速度検出部 5 5 a は、距離と相対速度の値を、それぞれ、ビート周波数の上昇領域および下降領域の組み合わせにて計算する。

[0079] ターゲット確定部 5 8 a は、上昇領域および下降領域のそれぞれのピークのペアを決め、ターゲットを確定する。

[0080] なお、上述において、上昇領域および下降領域のそれぞれのピーク値に基づいてターゲットの方位を検出した後に、上昇領域および下降領域のそれぞれのピーク値を組み合わせる手順を一例として説明したが、これに限られない。例えば、上昇領域および下降領域のそれぞれのピーク値を組み合わせた後に、組み合わせられたピーク値に基づいてターゲットの方位を検出してもよい。

[0081] 次に、これまで説明したマルチビームの指向性の一例について、図6を参照して説明する。

図6は、マルチビームの指向性の一例を示すグラフである。図6に示されるグラフにおいて、横軸は放射角を表し、縦軸は利得（ゲイン）を表す。この図6の一例においては、ビームが5本であるマルチビームの放射角と利得（ゲイン）との関係、すなわちビームの指向性を示している。この図6の一例においては、5本のマルチビームとしてのビームB001～B005についての指向性を示す。

[0082] <方位検出部の動作の詳細>

図2に示される方位検出部57において行われる動作の詳細について説明する。なお、図5に示される方位検出部57aにおいて行われる動作についても同様である。

本提案の原理として、独立マルチビーム方式の場合に、1次フィードでの受信パターンとアンテナ開口面の分布（波源の分布関数：例えば、位相の分布関数）との間には、フーリエ変換の関係があること、に着目している。

[0083] 図7は、方位検出部57において行われる処理の流れを示す概略図である。

複数のビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ （CH）で送受信するデータは、フーリエ変換1101により、仮想的な複数のアレー素子で送受信するデータに変換することができる。

図7は、1次フィードの一例として、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の数（素子数）が5である場合（ $M=5$ である場合）を示す。

5 個のビーム素子 2-1 ~ 2-5 により、誘電体レンズ 1 を挟んで、ビーム 1-1 ~ 1-5 が送受信される。

[0084] また、図 7 は、仮想的なアレー素子の一例として、仮想的なアレー素子（仮想アレー素子） 1-1 ~ 1-9 の数（素子数）が 9 である場合を示す。

[0085] また、この例では、誘電体レンズ 1 と同等な仮想的な誘電体レンズ 1a のレンズ開口長（誘電体レンズ 1 と同じ開口長）内に、全ての仮想アレー素子 1-1 ~ 1-9 が収まるように配置されている。

また、この例では、複数の仮想アレー素子 1-1 ~ 1-9 が配置されている。

[0086] そして、このような仮想アレー素子 1-1 ~ 1-M による送受信のデータを使用して、例えば、MUSIC 法や線形予測法等の高分解能アルゴリズムの処理を行うことや、或いは、素子数と素子間隔を変更したビーム形成を行うことが可能である。

具体例として、高分解能アルゴリズムを用いて、方位角（角度）とスペクトル強度との関係のグラフ 2-1 を取得し、これに基づいて、マルチターゲットを高分解能で測角することができる。

[0087] 従って、本実施形態に係る方位検出部 57 では、算出した仮想アレー素子のデータから、高分解能アルゴリズムやビーム形成において方位推定を行う際に、高分解能アルゴリズムの処理の都合やビーム形成パターンに合わせて、入力データを柔軟に設定することができる。

[0088] <変形例 1：最尤推定法による方位の検出>

また、方位の検出においては、図 8 に示すような最尤推定法の適用も可能である。

図 8 は、方位検出部 57 において行われる処理の流れの第 1 の変形例を示す概略図である。方位検出部 57 は、ターゲットからの反射波による受信信号に基づいてステアリングベクトルを生成し、反射波の到来方向の尤度を算出することにより、最も尤度が大きく（高く）なる到来方向をターゲットの

方向として算出する。

[0089] 概略的には、方位検出部 57 は、複素数データを読み込む（ステップ S1）

。

次に、方位検出部 57 は、相関行列（共分散行列）を作成する（ステップ S2）。

次に、方位検出部 57 は、固有値の分解を行うことで、固有値 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 、 $\dots$ および固有ベクトル e_1 、 e_2 、 e_3 、 $\dots$ を算出する（ステップ S3）。

次に、方位検出部 57 は、次数を推定する（ステップ S4）。

次に、方位検出部 57 は、尤度が最も大きく（最尤度と）なる角度を算出する（ステップ S5）。

そして、方位検出部 57 は、ターゲット数および角度を検知する（ステップ 6）。

[0090] このように最尤度推定法によっても、方位検出部 57 は、ターゲット数およびターゲットの方位（角度）を検知することができる。

[0091] <変形例 2：MUSIC 法による方位の検出>

図 9 は、方位検出部 57 において行われる処理の流れの第 2 の変形例を示す概略図である。この例では、高分解能アルゴリズムの MUSIC 法を用いた場合を示す。

この処理手順は、ピーク検知されたターゲットが存在するビート周波数ポイント毎に繰り返して行う。

[0092] 概略的には、方位検出部 57 は、複素数データを抽出する（ステップ S21）

。

次に、方位検出部 57 は、複素数データをフーリエ変換式により変換して、仮想アレーデータを算出する（ステップ S22）。

次に、方位検出部 57 は、相関行列（共分散行列）を作成する（ステップ S23）。

次に、方位検出部 57 は、固有値の分解を行うことで、固有値 λ_1 、 λ_2

、 λ_3 、 $\dots$ および固有ベクトル e_1 、 e_2 、 e_3 、 $\dots$ を算出する（ステップS24）。

次に、方位検出部57は、次数を推定する（ステップS25）。

次に、方位検出部57は、MUSICスペクトルを計算する（ステップS26）。

そして、方位検出部57は、ターゲット数および角度を検知する（ステップ27）。

[0093] このようにMUSIC法によっても、方位検出部57は、ターゲット数およびターゲットの方位（角度）を検知することができる。

[0094] ここまで、信号処理部8が行う信号処理の動作およびその変形例について詳細に説明した。次に、図10から図14を参照して、信号処理部8がマルチビームをクラス分けして方位角を推定する動作について説明する。ここでは図2に示す信号処理部8の動作について説明するが、図5に示す信号処理部8aの動作についても同様である。

[0095] 図10は、信号処理部において行われる処理の流れを示す概略図である。

周波数分解処理部52は、各マルチビームの複素数データを抽出（算出）する（ステップS100）。具体的には、周波数分解処理部52は、メモリ51に蓄積されたビート信号のサンプリングされたデータから、三角波の上昇部分（上り）と下降部分（下り）とのそれぞれについて周波数分解、例えばフーリエ変換などにより離散時間に周波数変換することにより、ビート周波数毎に分解されたビート信号に基づいた複素数データを抽出（算出）する。

[0096] 距離／速度検出部55は、ピーク組合せ部54が出力する上昇部分のターゲット周波数 f_u と、下降部分のターゲット周波数 f_d とから、上述した式（1）により距離 r を算出する（ステップS110）。

[0097] 方位検出部57は、マルチビームについて、固有値演算のためのクラス分けをする（ステップS120）。ここでは、独立マルチビームアンテナのビーム本数が5本であり、ターゲットからの到来波の検出限界数が3である場

合を一例にして、マルチビームのクラス分けについて説明する。この一例の場合、検出限界数が3であることから、独立マルチビームのうち3つのビーム（反射信号）を1組の下位クラスにして、少なくとも3行3列の相関行列によって3次の固有値を求める。この独立マルチビームのクラス分けの一例を、図11を参照して説明する。なお、本実施形態における下位クラスとは、感度の方位分布パターンとも言い換えることができる。それぞれの下位クラス（感度方位分布パターン）には、感度を有する方位と感度を有さない方位とを有する。また、3つの下位クラスを、それぞれ第1のパターン、第2のパターン、第3のパターンと言い換えることができる。また、本実施形態では独立マルチビームアンテナにおいて、使用するビームの選択を変える事で複数のパターン（下位クラス）を作っているが、本願発明におけるパターンの作成方法はこれに限られない。例えば、後述するように、フェイズドアラレーダにおいて、ビームフォーミングにて複数の感度の方位分布パターンを作っても良い。

[0098] 図11は、本実施形態の独立マルチビームと下位クラスとの関係を示す模式図である。この図11に示すビームB001～B005は、図6に示すビームB001～B005にそれぞれ対応する。独立マルチビームのビーム本数が5本である場合、方位検出部57は、このマルチビームを、図11に示すように下位クラス（a）～（c）の3つの下位クラスに分割する。方位検出部57は、各下位クラスに、ビームB001～B005のうちからビーム群である3本のビームを選択して割り当てる。具体的には、方位検出部57は、下位クラス（a）に、ビームB001～B005のうち、ビームB001～B003を割り当てる。また、方位検出部57は、下位クラス（b）に、ビームB001～B005のうち、ビームB002～B004を割り当てる。また、方位検出部57は、下位クラス（c）に、ビームB001～B005のうち、ビームB003～B005を割り当てる。

個々のビームB001～B005は、図6に示す指向性を有する。ビームB001～B003が割り当てられる下位クラス（a）は、B001～B0

03を足し合わせた感度の方位分布を有する。同様に、下位クラス（b）はB002～B004をたし合わせた感度の方位分布を有し、下位クラス（c）はB003～B005を足し合わせた感度の方位分布を有する。これら3つの下位クラスは、互いに相補的な感度分布を有する。言い替えれば、ある下位クラスが感度を持たない方位において、他の下位クラスが感度を有している。

[0099] この具体例の場合、隣接する下位クラス（a）と下位クラス（b）とにおいて、ビームB002、B003が共有されるように、ビームB001、B004が共有されないようにして、マルチビームが割り当てられている。また、隣接する下位クラス（b）と下位クラス（c）とにおいて、ビームB003、B004が共有されるように、ビームB002、B005が共有されないようにして、マルチビームが割り当てられている。すなわち、各下位クラスには、3本のマルチビームのうち、隣接する下位クラスにおいて2本のマルチビームが共有されるように、1本のマルチビームが共有されないようにして、マルチビームが割り当てられている。このように、各ビーム群の組み合わせは全て異なった組み合わせとなっている。

[0100] 方位検出部57は、各下位クラスについて固有値を演算する（ステップS130～S150）。具体的には、方位検出部57は、下位クラス（a）～（c）について、到来波数（ターゲット数）の推定を行う。この到来波数の推定には、AIC（Akaike Information Criteria）や、MDL（Minimum Description Length）等の既知の方法が用いられる。ここでは、下位クラス（a）の到来波数が3波であり、下位クラス（b）の到来波数が3波であり、下位クラス（c）の到来波数が0波であると、方位検出部57が推定した場合を一例にして説明する。

[0101] 方位検出部57は、下位クラスごとに推定した到来波数に基づいて、適合条件を選択する（ステップS160）。ここで適合条件の一例を、図12から図14に示す。

図 1 2 から図 1 4 は、本実施形態の到来波数が 3 波～ 1 波である場合の適合条件の一例を示す表である。図 1 2 は、本実施形態の到来波数が 3 波である場合の適合条件の一例を示す表であり、図 1 3 は、本実施形態の到来波数が 2 波である場合の適合条件の一例を示す表であり、図 1 4 は、本実施形態の到来波数が 1 波である場合の適合条件の一例を示す表である。これら図 1 2 から図 1 4 に示す適合条件のテーブル（適合条件テーブル）は、不図示の記憶部に予め記憶されている。図 1 2 を例にとり適合条件を説明する。具体的には、この記憶部には、図 1 2 に示す適合条件テーブルの条件 No. 1 として、下位クラス（a）の到来波数が 3 波であり、下位クラス（b）の到来波数が 3 波であり、下位クラス（c）の到来波数が 0 波である適合条件が記憶されている。方位検出部 5 7 は、この記憶部に記憶されている適合条件テーブルのなかから、下位クラス（a）～（c）の到来波数が一致する適合条件を検索し、検索によって得られた（検索がヒットした）適合条件を選択する。すなわち、上述した一例においては、方位検出部 5 7 は、図 1 2 に示す適合条件としての条件 No. 1 を選択する。

なお、各下位クラスにおける到来波数の検出においては、下位クラスを構成する各ビームで検出される反射信号強度に対して、一定の閾値を設け、ある閾値よりも弱い信号に付いては、それは存在しないとするか、或いは、異なる種類のターゲットからの信号であると見なして、判断から除外する。或いは、信号強度が一定の範囲内にある信号のみを取り出して、その信号に付いて図 1 2 ～図 1 4 のテーブルを当てはめ、適合条件を選択する。

[0102] 方位検出部 5 7 は、選択した適合条件が示すビームナンバーごとの到来波数に基づいて、到来波の範囲と固有値の推定とを行う（ステップ S 1 7 0）。ここで、図 1 2 に示す適合条件としての条件 No. 1 が示すビームナンバーごとの到来波数は、ビーム B 0 0 1 が 0 波、ビーム B 0 0 2 が 3 波、ビーム B 0 0 3 が 0 波、ビーム B 0 0 4 が 0 波、ビーム B 0 0 5 が 0 波である。すなわち、上述した一例においては、方位検出部 5 7 は、条件 No. 1 が示すビームナンバーごとの到来波数（ビーム B 0 0 1 が 0 波、ビーム B 0 0 2

が3波、ビームB003が0波、ビームB004が0波、ビームB005が0波)に基づいて、到来波の範囲と固有値の推定とを行う。より具体的には、方位検出部57は、到来波の範囲がビームB002の範囲であり、固有値が3であると推定する。ここで、適合条件テーブルとは、複数のビーム間の相関行列の一例である。

[0103] このようにして、方位検出部57aは、ターゲットの存在する方位の概略を推定することが出来る。より正確な方位を知る場合は、これに最尤推定法を組み合わせる。下位クラス(a)、(b)、(c)が、それぞれ1波、1波、3波の到来波を検出した場合を考える。図12の適合条件テーブルより、この場合は条件No.14が適合し、ビームB003に1波、ビームB005に2波が到来している事が分かる。ここで、ターゲット確定部58は、B003に隣接するビームであるB002及びB004を含む下位クラス(b)を、反射波到来方位推定信号として選択し、最尤推定法を実行する。ただし、その際、先に説明した閾値は外し、閾値以下の反射信号も含めた信号に対して処理を実行する。こうして、より高い精度でターゲットの方位を推定することが出来る。

[0104] 以上説明したように、本実施形態の方位検出部57は、5本のマルチビームのうち、到来波の含まれるマルチビームを、選択条件テーブルに基づいて推定する。このため、本実施形態のターゲット確定部58は、5本すべての独立マルチビームを使用せずに、5本より少ない独立マルチビームによって反射波到来方向を推定し、ターゲットを確定することができる。すなわち、ターゲット確定部58は、ターゲットの検出に寄与しないマルチビームについての演算を行うことなく、ターゲットを確定することができる。ここで、3本の独立マルチビームを使用した場合には、5本すべての独立マルチビームを使用した場合に比べて、反射波到来方向の推定のための演算量を少なくすることができる。したがって、本実施形態の信号処理部8は、ターゲットを検出するための演算負荷を低減することができる。

[0105] また、本実施形態の独立マルチビーム方式レーダ装置101が車載レーダ

である場合、上述した信号処理部 8 を備えることにより、ターゲットを検出するための演算負荷を低減することができるため、衝突回避制御や侵入検出制御、障害物検出制御の反応速度を向上させることができる。

[0106] なお、上述においては、独立マルチビームの本数が 5 本であり、選択されるマルチビームの本数が 3 本である例について説明したが、これに限られない。選択されるマルチビームの本数が、独立マルチビームの本数よりも少ない数であれば、ターゲットを検出するための演算負荷を低減することができる。例えば、選択されるマルチビームの本数が 3 本である場合において、独立マルチビームの本数が 4 本以上であれば、ターゲットを検出するための演算負荷を低減することができる。

[0107] [第 2 の実施形態]

次に、本発明の第 2 の実施形態について説明する。

[0108] 図 15 は、本発明の実施形態に係るフェーズドアレイアンテナ式レーダ装置 102 の構成を示すブロック図である。送信アンテナ素子（送信素子）31-1、31-2、の各々が形成するビームは互いに重なる。なお、送信アンテナを構成するアンテナ素子は 5 つ存在するが、代表としてその内の 2 つのみを図示する。電圧制御発振器（VCO: Voltage Controlled Oscillator）12a の出力は、分配器 13a で分配され、送信アンテナ素子 31-1、31-2 に、位相器 30a-1、30a-2、アンプ（増幅器）15-1、15-2 を介して供給される。位相器 30a-1、30a-2、及びアンプ 15-1、15-2 は、何れも送信アンテナ素子 31-1、31-2 と同じく 5 つ存在する。

[0109] 受信アンテナ 41-1～41-5 の各々が形成するビームも互いに重なる。受信アンテナを構成するアンテナ素子も、5 つ存在する。各受信アンテナ 41-1～41-5 は、送信アンテナ 31-1～31-5 から送信された送信波が対象物によって反射して到来する反射波（すなわち、受信波）を受信し、受信した受信波を各アンプ 18-1～18-5 に出力する。各アンプ 18-1～18-5 は、各受信アンテナ 41-1～41-4 から入力された受

信波を増幅して各ミキサ19-1～19-5に出力する。ミキサ19-1～19-5には、分配器13aの出力がアンプ16-1～16-5を介して入力され、受信アンテナ41-1～41-5で受信された信号と各々混合され、それぞれの周波数差に対応したビート信号を生成する。生成したビート信号は各フィルタ20-1～20-5に出力される。

[0110] 各フィルタ20-1～20-5にはスイッチ6aが接続する。また、スイッチ6aにはアンプ22aを介してA/D変換器7aが接続する。A/D変換器7aには信号処理部8aが接続する。フィルタ20-1～20-5、スイッチ6a、アンプ22a、A/D変換器7a、及びデジタル信号処理部8aの動作は、第1の実施形態と同様であるので説明は省略する。

[0111] 第2の実施形態においては、位相器30a-1～30a-5を備えており、位相器30a-1～30a-5の動作のさせ方に特徴がある。各送信アンテナ素子31-1、31-2に出力される高周波の位相差を調整して、指向性が限定されたビームを形成する。このビーム形成は、いわゆるビームフォーミングによって実行する。可変である位相差の与え方を変更する事により、異なる方位に指向性を有するビームを形成することが出来る。この例では5つの異なる方位に指向性を持つビームを形成する。これは、第1の実施形態におけるマルチビームを、擬似的にビームフォーミングによって実現するものである。

5つの異なる方位に指向性を持つビームを用いる場合の信号処理部8aにおける、本願発明の実施方法は、第1の実施形態と同様であるため、説明は省略する。

[0112] 第2の実施形態において、反射到来方向を推定するために、位相器30a-1～30a-5によって、パターンごとの位相差を変更している。

[0113] 第2の実施形態においては、位相器30a-1～30a-5によって、各送信アンテナ素子31-1、31-2から出力される電波の位相を異ならせることでビームフォーミングを行い、指向性が限定されたビームを形成している。しかし、ビームフォーミングは送信アンテナ素子側に限られない。受

信アンテナ素子の受信信号に対してデジタルビームフォーミングを行うことができる。この場合、送信アンテナ素子の高周波をビームフォーミングしたことで同様の効果が得られる。は、送信アンテナ素子側、受信アンテナ素子側の何れか片方でビームフォーミングを行えば、アンテナの指向性を限定する事による効果は得られる。しかし、送信アンテナ素子側と受信アンテナ素子側の両方でビームフォーミングを行えば、更に指向性を高めることができる。

[0114] <実施形態のまとめ>

ここで、本実施形態では、レーダ方式としてFMCW方式を例に説明したが、レーダ方式にとらわれることなく、本実施形態と同様な構成を他のレーダ方式に適用することも可能である。

また、本実施形態では、高分解能アルゴリズムとしてMUSIC法を例に説明したが、本実施形態と同様な構成を線形予測法やビーム形成等の他の手法に適用することも可能であり、例えば、仮想アレーデータおよび仮想アレーステアリングベクトルを使用して方位角（角度）を算出することが可能である。また、例えば、高分解能アルゴリズムとして最尤推定法を適用することが可能である。

[0115] 以上のように、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置101は、次のような（装置構成1）～（装置構成4）を持つ。

（装置構成1）として、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置101は、ビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の受信データ（ビーム素子データ $y(m)$ ）に基づいて選択された方式により、ターゲットの検出（確定）を行う。

[0116] （装置構成2）として、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置101は、（装置構成1）に係る処理を行う際に、アンテナ部により形成される独立マルチビームのうちから下位クラスのビームとしての複数のビームを選択する。

[0117] （装置構成3）として、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装

置 1 0 1 は、装置構成 1) に係る処理を行う際に、下位クラスのビームとして選択された複数のビーム間の相関行列に基づいて、ターゲットの数を推定する。

[0118] (装置構成 4) として、本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置 1 0 1 は、装置構成 1) に係る処理を行う際に、下位クラスのビームとして選択された複数のビーム間の相関行列の固有値に基づいて、ターゲットの数を推定する。

[0119] 本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置 1 0 1 では、(装置構成 1) ~ (装置構成 3) を持つことにより、ターゲットまでの距離に応じて、ターゲットの検出用途に適した検出性能と検出時間とを有する検出方式を選択することができるという効果を有する。

[0120] 本実施形態に係る独立マルチビーム方式レーダ装置 1 0 1 では、(装置構成 1) ~ (装置構成 4) を持つことにより、ターゲットを検出するための演算負荷を低減することができるという効果を有する。

[0121] また、本実施形態では、誘電体レンズ 1 を用いた構成を示したが、誘電体レンズ 1 の代わりに、他の様々なレンズなどが用いられてもよい。

また、本実施形態では、レンズ(誘電体レンズ 1)を備える構成を示したが、他の例として、レンズが備えられない構成が用いられてもよく、この場合、レンズを使用せずに、複数のビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ により独立マルチビーム方式の送受信を行う。

[0122] また、送受信を行うアンテナを構成する複数のビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の数(M)としては、マルチターゲットに関する検知を行う場合には、複数のビーム素子 $2-1 \sim 2-M$ の数より 1 つ少ない数(M-1)だけのターゲットに関する検知を行うことができる。

[0123] また、上述において、一例として 5 素子ビームでの応用について説明したが、F O V (視野角)、ビーム幅、ビーム素子数等については、レーダのアプリケーションや仕様によって、任意に設定可能にすることができる。特に、レンズアンテナによる独立マルチビーム方式では、レンズの形状と 1 次フ

ィード（ビーム素子）の位置によって柔軟に設定することができるため、組み合わせとして好適である。

[0124] ここで、上述した実施形態では、図1に示される独立マルチビーム方式レーダ装置101を車載用として自動車などに設ける構成を示したが、他の例として、他の任意の移動体に設けることも可能である。

[0125] なお、図1における制御部11や信号処理部8の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより、処理を行ってもよい。ここで言う「コンピュータシステム」とは、OS（Operating System）や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータシステム」は、ホームページ提供環境（或いは、表示環境）を備えたWWWシステムも含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM（Read Only Memory）、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことを言う。

[0126] また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、或いは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことを言う。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。更に、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

[0127] 以上、本発明の各実施形態について図面を参照して詳述したが、具体的な構成はこの実施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等も含まれる。

符号の説明

[0128] 1…誘電体レンズ、2-1～2-M…ビーム素子、3-1～3-M…方向性結合器、4-1～4-M…ミキサ、5-1～5-M…フィルタ、6…SW、7…ADC、8…信号処理部、11…制御部、12…VCO、13…分配器、21-1～21-M…アンプ、22…アンプ、23…アンプ、24-1～24-M…アンプ、25-1～25-M…アンプ、51…メモリ、52、52a…周波数分解処理部、53、53a…ピーク検知部、54、54a…ピーク組合せ部、55、55a…距離／速度検出部、56…ペア確定部、57、57a…方位検出部、58…ターゲット確定部、101…独立マルチビーム方式レーダ装置

請求の範囲

[請求項1]

3つ以上の感度の方位分布パターンの何れか一つを選択して送信又は受信可能なアンテナを有するレーダ装置を用いた、反射波到来方向の推定方法であって、

前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第1のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第1の反射信号を得、

前記第1の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第1のターゲット数を得、

前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第2のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第2の反射信号を得、

前記第2の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第2のターゲット数を得、

前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第3のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第3の反射信号を得、

前記第3の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第3のターゲット数を得、

前記第1のターゲット数、並びに前記第2のターゲット数、並びに前記第3のターゲット数、並びに前記第1のパターンの感度の方位分布及び第2のパターンの感度の方位分布及び第3のパターンの感度の方位分布を用いて、

ターゲットの推定個数及びターゲットの存在方位を推定する、
反射波到来方向の推定方法。

[請求項2]

前記推定されたターゲットの分布方位に対して前記アンテナが感度を有する前記感度の方位分布パターンを、
前記3つ以上の感度の方位分布パターンから一つ選択し、

当該選択されたパターンが前記第1から第3のパターンの何れかである場合は、そのパターンにおいて得られた

前記反射信号を、反射波到来方位推定用信号として選択し、

当該選択されたパターンが前記第1から第3のパターンの何れでもない場合は、当該選択されたパターンにて電波の送信又は受信或いはその両方を行って反射波到来方位推定用信号を得て、

前記ターゲットの推定個数、及び反射波到来方位推定用信号を用いて、前記選択されたパターンにおいて前記アンテナが感度を持つ方位に対して反射波の到来方向を推定する計算を行う、請求項1の反射波到来方向の推定方法。

[請求項3] 前記アンテナは、前記第1のパターンにおいて感度を有さない方位の一部において、前記第2のパターンにおいては感度を有し、

前記アンテナは、前記第2のパターンにおいて感度を有さない方位の一部において、前記第3のパターンにおいては感度を有し、

前記アンテナは、前記第3のパターンにおいて感度を有さない方位の一部において、前記第1のパターンにおいては感度を有する、請求項1又は2の反射波到来方向の推定方法。

[請求項4] 前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、

前記第1から第3のパターンの内の何れか一つ以上において、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上であり、且つ前記アンテナ素子の総数よりも少ない数のアンテナ素子が駆動される、請求項1から3何れかの反射波到来方向の推定方法。

[請求項5] 前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、

前記第1から第3のパターンの内の少なくとも2つのパターンにおいて、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上であり、且つ前記アンテナ素子の総数よりも少ない数のアンテナ素子が駆動され、

前記2つのパターンにおいて、駆動される前記アンテナ素子の組み合わせが異なる、請求項1から3の何れかの反射波到来方向の推定方

法。

[請求項6]

前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、

前記第1から第3の 패턴の内の少なくとも2つの图案において、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上であり、且つ前記アンテナ素子の総数よりも少ない数のアンテナ素子が駆動され、

前記2つの图案において、駆動されるアンテナ素子は何れも送信若しくは受信する電波に位相差を付与する位相器を有し、

前記位相器が付与する位相差は可変であり、

前記2つの图案において、前記位相器が付与する位相差の値は異なる、請求項1から3の何れかの反射波到来方向の推定方法。

[請求項7]

前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有し、

前記3つ以上のアンテナ素子の内の少なくとも2つは、感度を有する方位が互いに重ならない、請求項1から3の何れかの反射波到来方向の推定方法。

[請求項8]

前記アンテナは誘電体レンズを含む、請求項4から7の何れかの反射波到来方向の推定方法。

[請求項9]

前記アンテナは3つ以上のアンテナ素子を有するフェーズドアレイアンテナであり、

前記3つ以上のアンテナ素子の内の少なくとも2つは送信する電波に位相差を付与する位相器を有し、

前記第1から第3の图案の内の少なくとも2つの图案において、前記位相器によって電波に位相差を付与する事によりビームフォーミングが行われ、

前記少なくとも2つの图案において各々图案はアンテナから互いに異なる方向に伸びるビーム形状である、

請求項1から3の何れかの反射波到来方向の推定方法。

[請求項10]

前記第1から第3の何れかの反射信号の内、前記少なくとも2つの图案での送信及び受信によって得られた少なくとも2つの反射信

号の各々に対して、各反射信号を得た際の前記パターンにおいて前記ビームが伸びる方向の成分を抽出するデジタルビームフォーミングが行われる、請求項9の反射波到来方向の推定方法。

[請求項11] 前記第1から第3のパターンの全てにおいて、前記3つ以上のアンテナ素子の内の2つ以上が駆動され、

前記第1から第3のターゲット数を得る際には、前記第1から第3の反射信号について、各々相関行列、及び該相関行列の固有値が各々計算される、請求項4から10の何れかの反射波到来方向の推定方法。

[請求項12] 3つ以上の感度の方位分布パターンの何れか一つを選択して送信又は受信可能なアンテナを有するレーダ装置を用いた、反射波到来方向の推定を、不揮発性の記憶媒体に記録されコンピュータに実行させる制御プログラムであって、

前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第1のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第1の反射信号を得、

前記第1の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第1のターゲット数を得、

前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第2のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第2の反射信号を得、

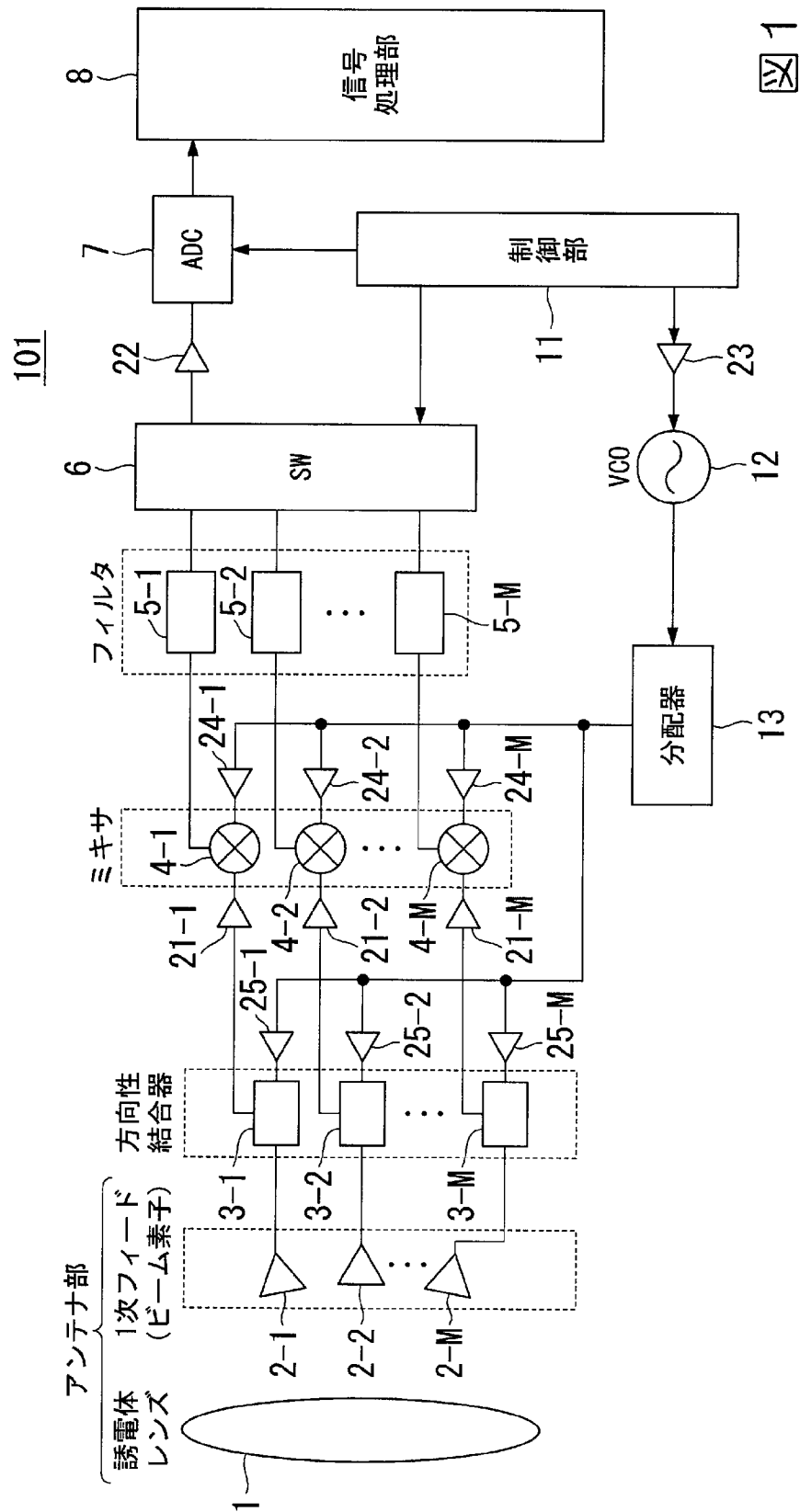
前記第2の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第2のターゲット数を得、

前記3つ以上の感度の方位分布パターンの内の一つである第3のパターンにて、電波の送信又は受信の何れか一方或いは両方を行って第3の反射信号を得、

前記第3の反射信号に基いて当該反射波中のターゲットの数を推定して第3のターゲット数を得、

前記第 1 のターゲット数、並びに前記第 2 のターゲット数、並びに前記第 3 のターゲット数、並びに前記第 1 のパターンの感度の方位分布及び第 2 のパターンの感度の方位分布及び第 3 のパターンの感度の方位分布を用いて、
ターゲットの推定個数及びターゲットの存在方位を推定する、
コンピュータで読み出し可能な記憶媒体に記録されるプログラム。

[図1]



[図2]

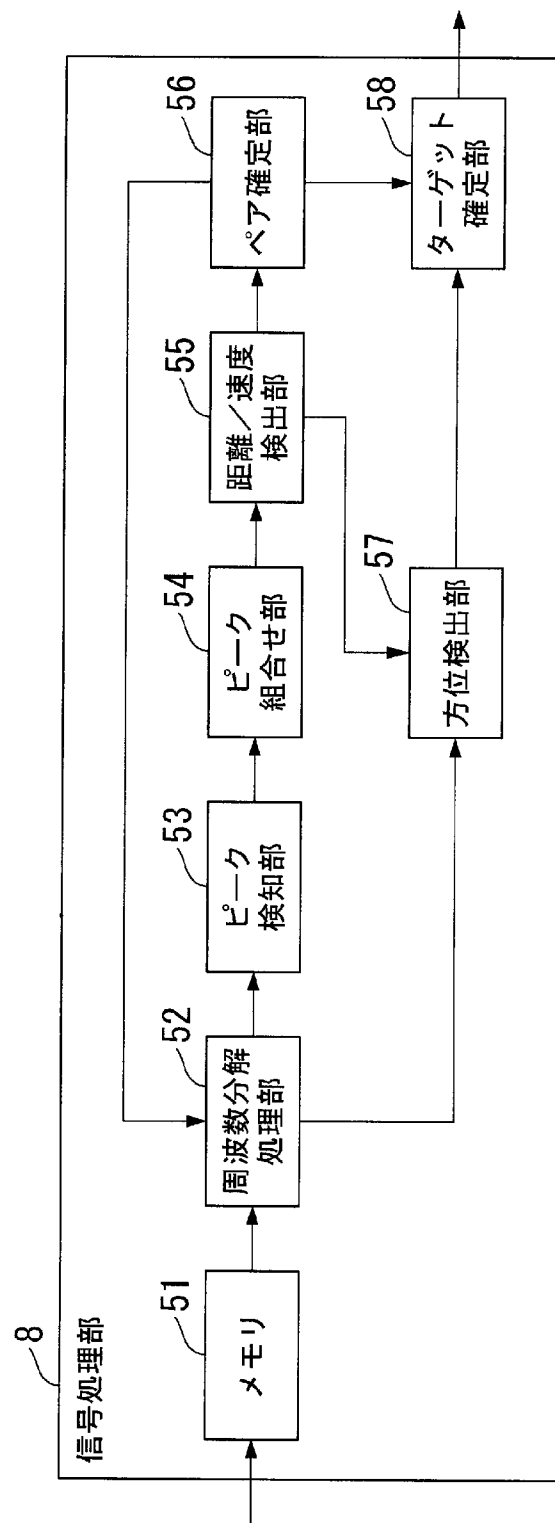


図2

[図3]

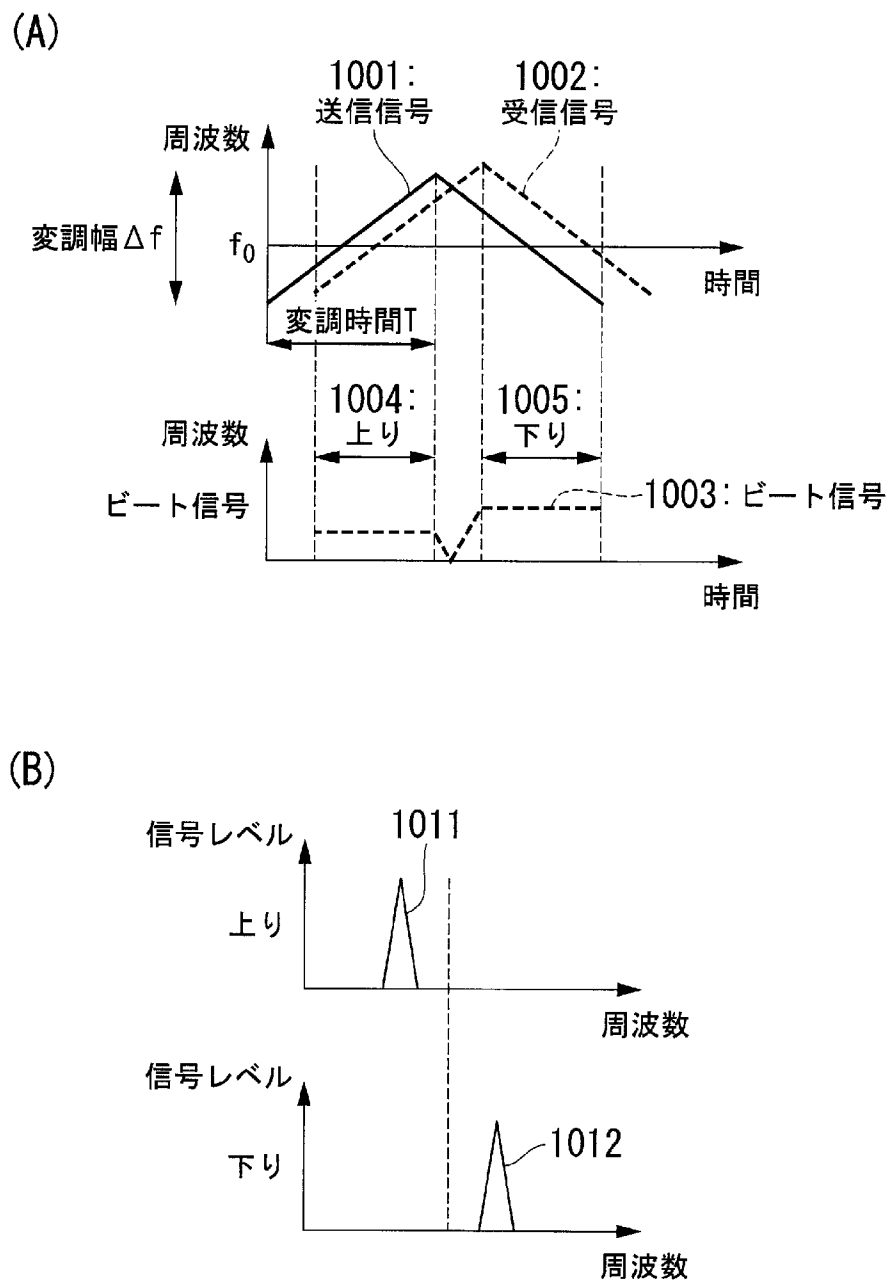
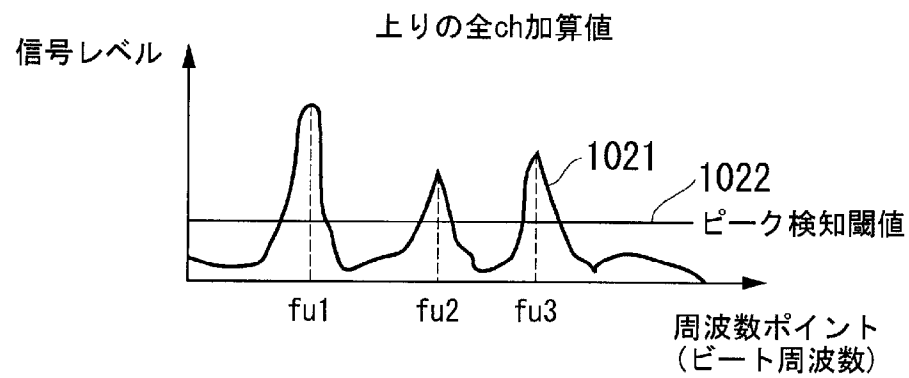


図3

[図4]

(A)



(B)

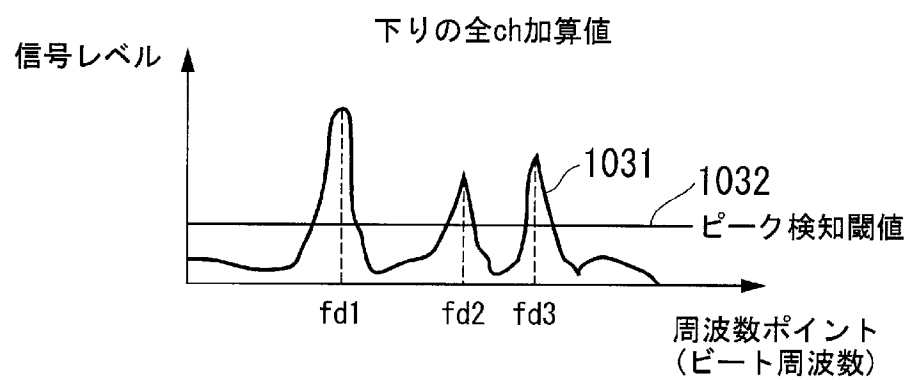


図4

[図5]

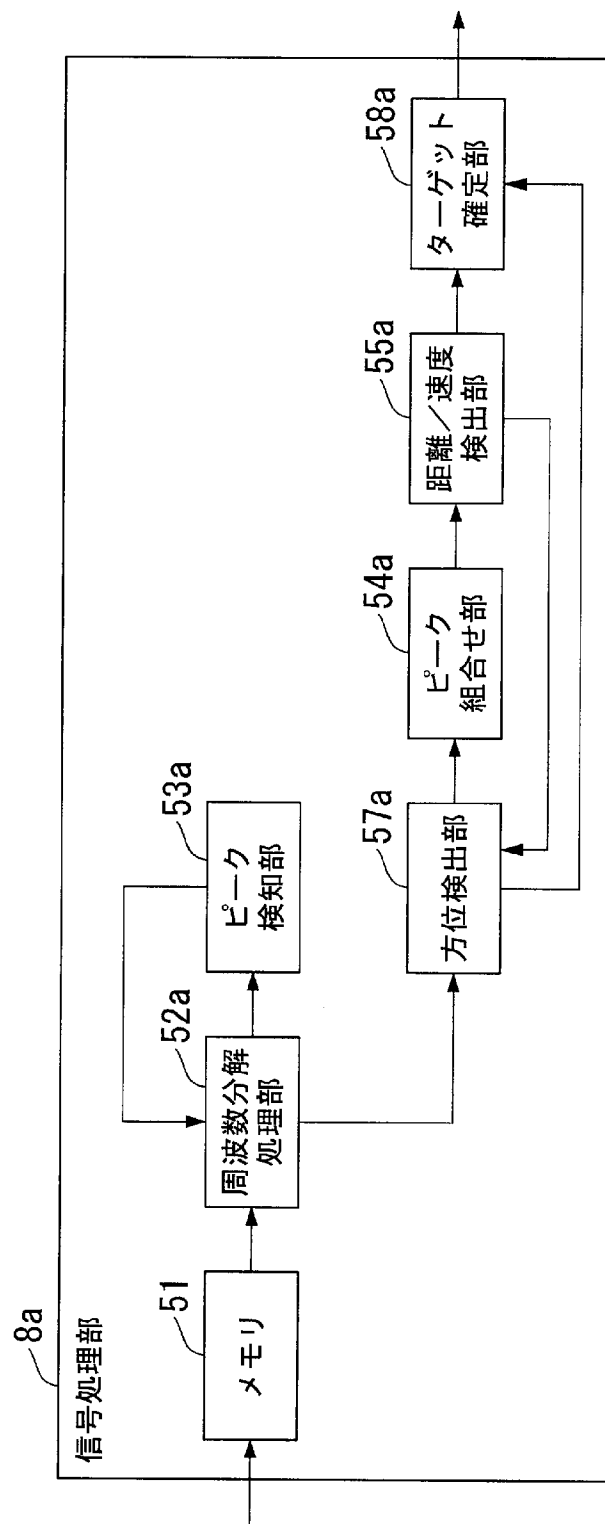


図5

[図6]

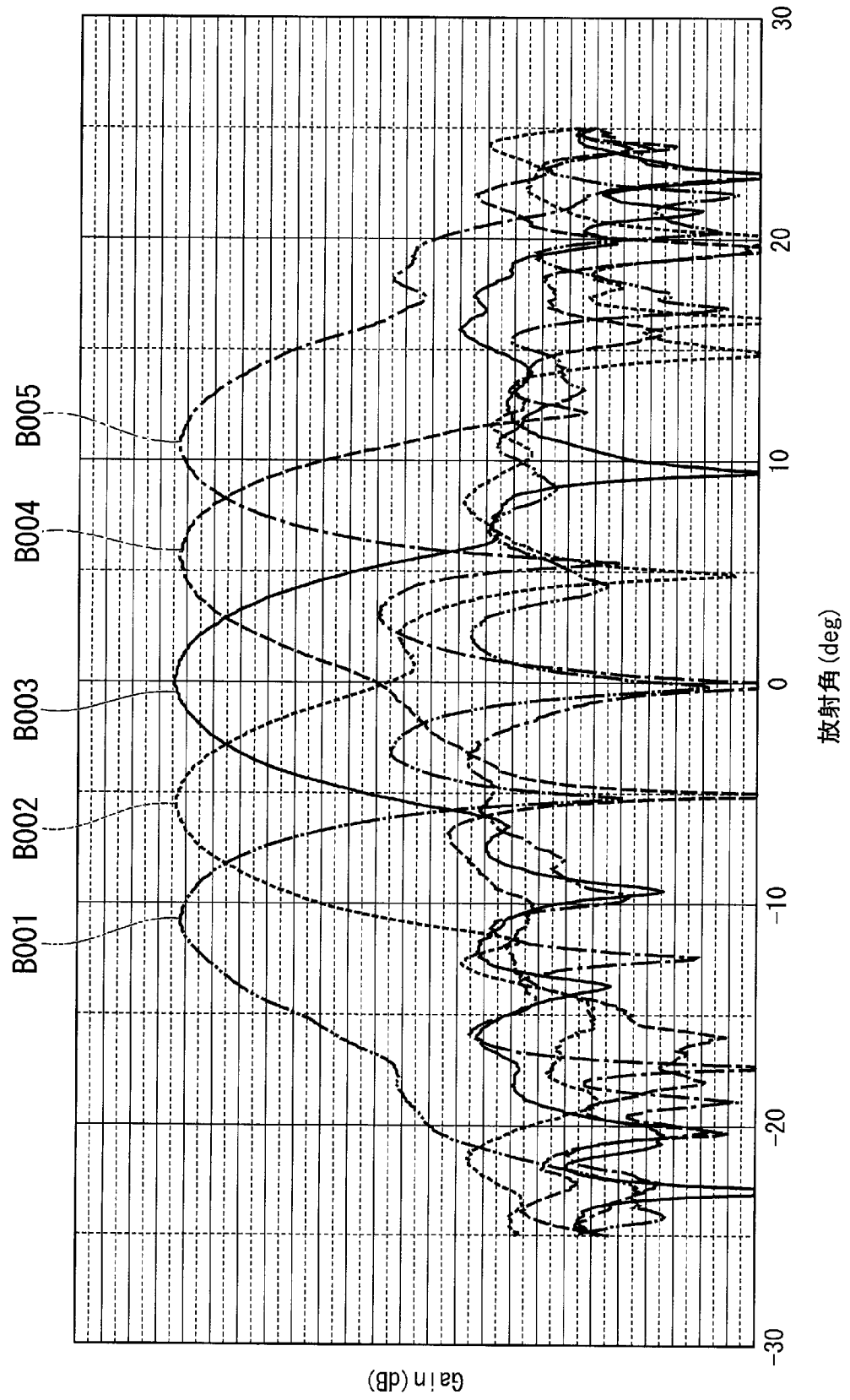


図6

[図7]

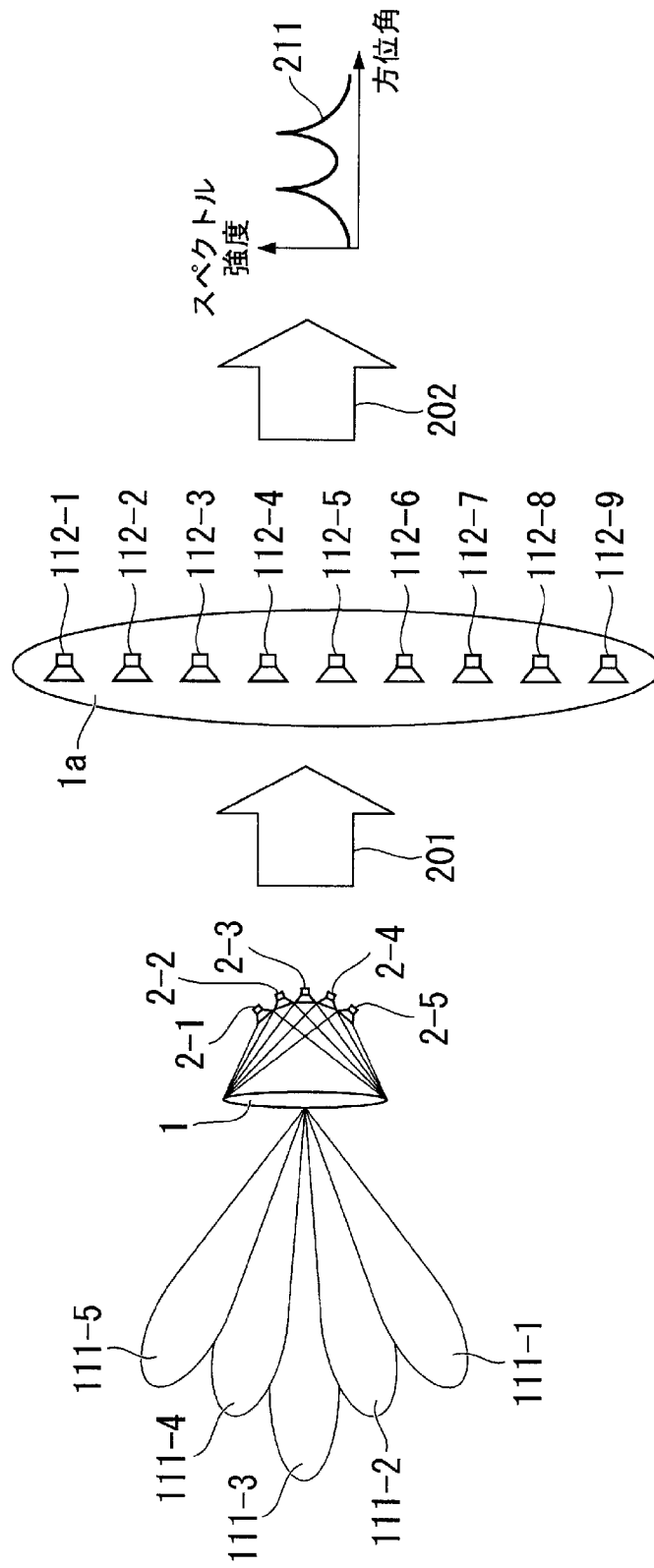


図7

[図8]

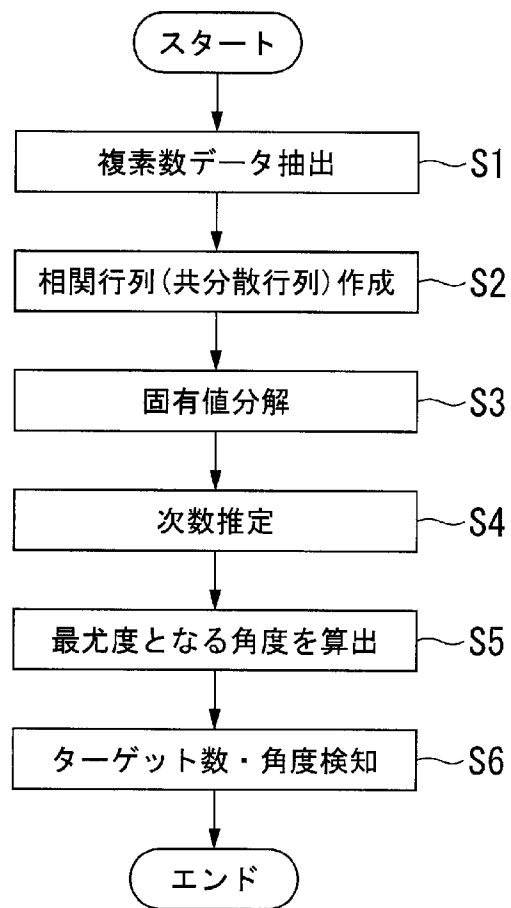


図8

[図9]

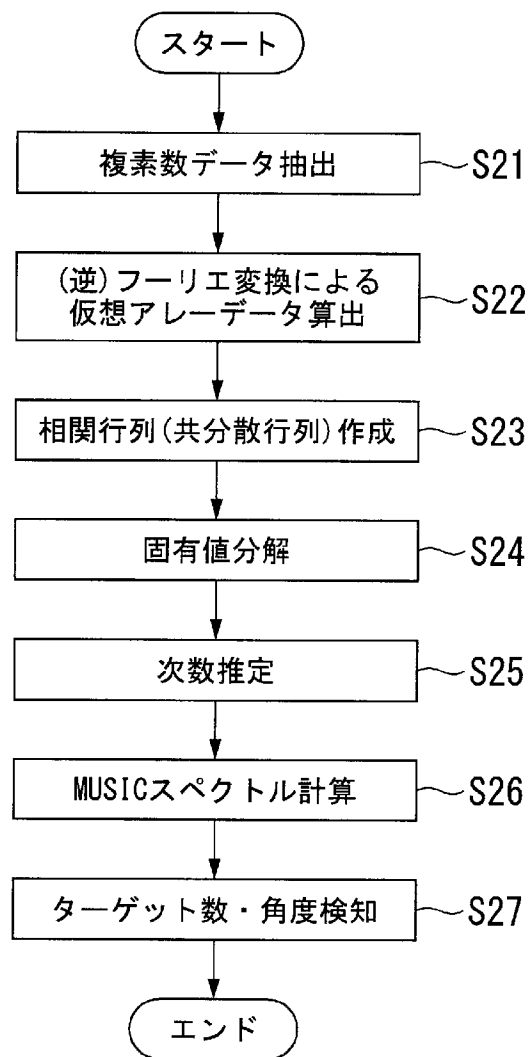


図9

[図10]

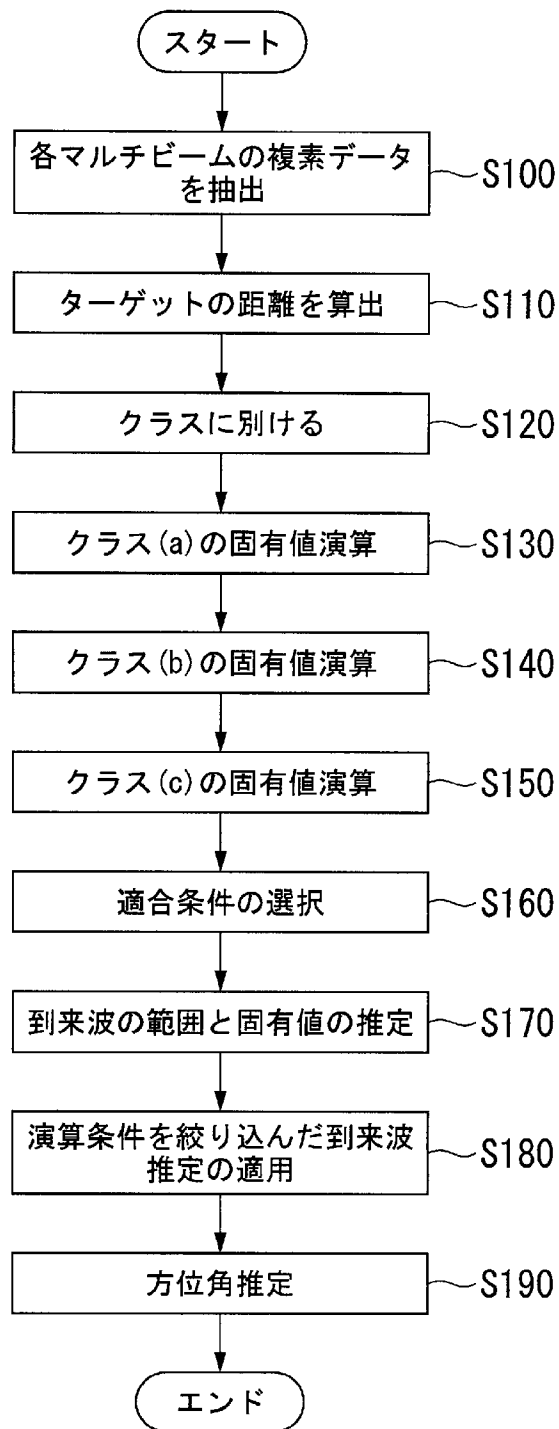


図10

[図11]

独立マルチビームの
ビームナンバー

B 0 0 1	B 0 0 2	B 0 0 3	B 0 0 4	B 0 0 5
---------	---------	---------	---------	---------

下位クラス

下位クラス (a)

B 0 0 1	B 0 0 2	B 0 0 3
---------	---------	---------

下位クラス (b)

B 0 0 2	B 0 0 3	B 0 0 4
---------	---------	---------

下位クラス (c)

B 0 0 3	B 0 0 4	B 0 0 5
---------	---------	---------

図 1 1

[図12]

到来波=3波	下位クラス			ビームナンバー				
条件No.	a	b	c	B001	B002	B003	B004	B005
1	3	3	0	0	3	0	0	0
2	3	2	0	1	2	0	0	0
3	3	1	0	2	1	0	0	0
4	3	3	3	0	0	3	0	0
5	3	2	2	1	0	2	0	0
6	3	2	1	1	1	1	0	0
7	3	1	1	2	0	1	0	0
8	0	3	3	0	0	0	3	0
9	0	2	3	0	0	0	2	1
10	0	1	3	0	0	0	1	2
11	2	2	3	0	0	2	0	1
12	1	2	3	0	0	1	1	1
13	1	1	3	0	0	1	0	2
14	1	1	3	0	0	1	0	2
15	3	0	0	3	0	0	0	0
16	2	0	1	2	0	0	0	1
17	1	0	2	1	0	0	0	2
18	0	0	3	0	0	0	0	3

図 1 2

[図13]

到来波=2波	下位クラス			ビームナンバー				
条件No.	a	b	c	B001	B002	B003	B004	B005
1	2	0	0	2	0	0	0	0
2	2	1	0	1	1	0	0	0
3	2	1	1	1	0	1	0	0
4	2	2	0	0	2	0	0	0
5	2	2	1	0	1	1	0	0
6	2	2	2	0	0	2	0	0
7	1	2	2	0	0	1	1	0
8	0	2	2	0	0	0	2	0
9	1	1	2	0	0	1	0	1
10	0	1	2	0	0	0	1	1
11	0	0	2	0	0	0	0	2
12	1	2	1	0	1	0	1	0
13	1	0	1	1	0	0	0	1

図 13

[図14]

到来波=1波	下位クラス			ビームナンバー				
条件No.	a	b	c	B001	B002	B003	B004	B005
1	1	0	0	1	0	0	0	0
2	1	1	0	0	1	0	0	0
3	1	1	1	0	0	1	0	0
4	0	1	1	0	0	0	1	0
5	0	0	1	0	0	0	0	1

図 14

[図15]

102

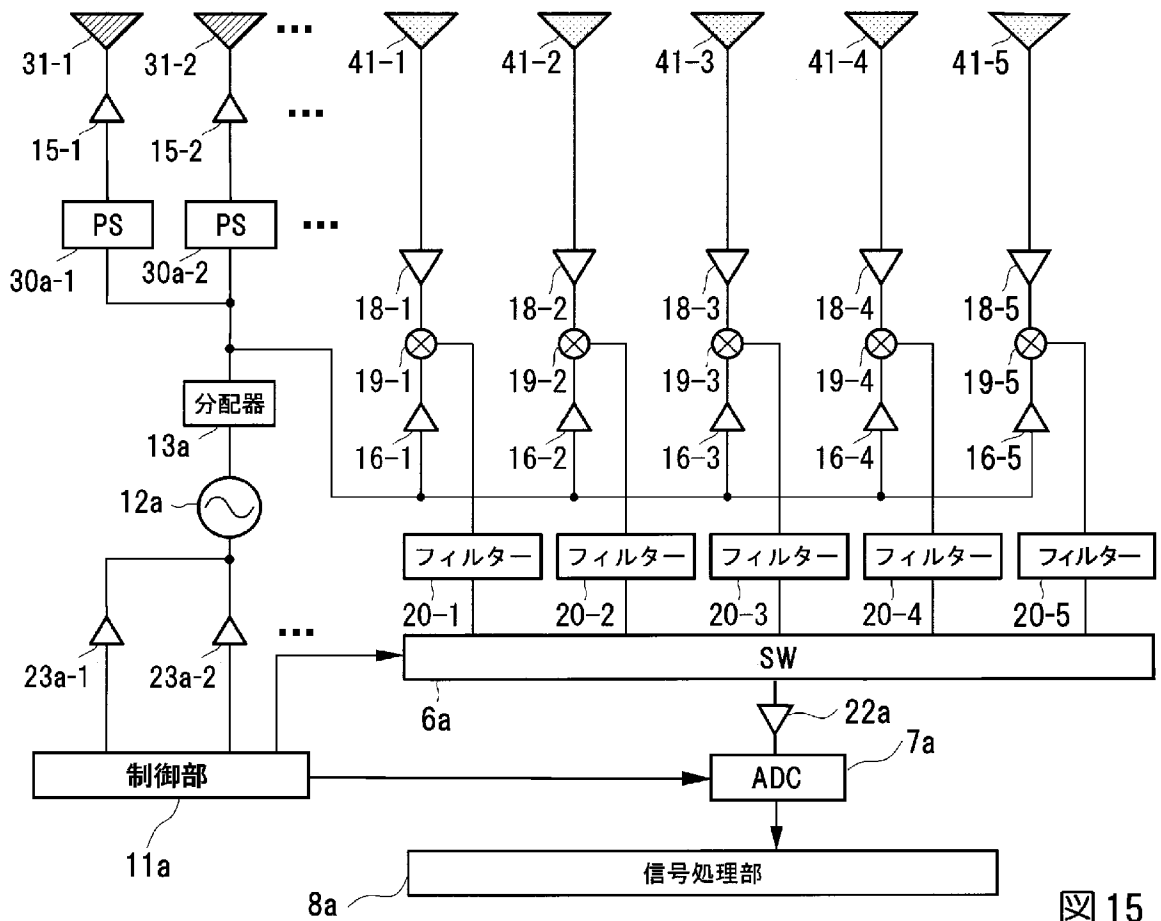


図 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/083058

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S7/02(2006.01)i, G01S13/34(2006.01)i, G01S13/536(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)

G01S1/72-1/82, G01S3/80-3/86, G01S5/18-7/64, G01S13/00-17/95

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y A	JP 2012-168157 A (National University Corporation Shizuoka University), 06 September 2012 (06.09.2012), paragraphs [0021] to [0120]; fig. 1 to 11 & US 2012/0268314 A1	1, 3-5, 7-9, 12 10, 11 2, 6
Y A	JP 2012-167999 A (Honda Elesys Co., Ltd.), 06 September 2012 (06.09.2012), paragraphs [0123] to [0135]; fig. 29 to 30 (Family: none)	10, 11 1-9, 12
A	JP 2012-220196 A (Fujitsu Ten Ltd.), 12 November 2012 (12.11.2012), entire text; fig. 1 to 18 & US 2012/0249359 A1	1-12

☒ 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
18 February 2015 (18.02.15)

Date of mailing of the international search report
03 March 2015 (03.03.15)

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/JP2014/083058

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 2013-205399 A (Panasonic Corp.), 07 October 2013 (07.10.2013), entire text; fig. 1 to 17 & US 2014/0062763 A1 & WO 2013/145526 A1	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S7/02(2006.01)i, G01S13/34(2006.01)i, G01S13/536(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（I P C））

Int.Cl. G01S1/72-1/82, G01S3/80-3/86, G01S5/18-7/64, G01S13/00-17/95

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X Y A	JP 2012-168157 A (国立大学法人静岡大学) 2012. 09. 06, 段落【0021】 - 【0120】, 図 1-11 & US 2012/0268314 A1	1, 3-5, 7-9, 12 10, 11 2, 6
Y A	JP 2012-167999 A (株式会社ホンダエレシス) 2012. 09. 06, 段落 【0123】- 【0135】, 図 29-30 (ファミリーなし)	10, 11 1-9, 12
A	JP 2012-220196 A (富士通テン株式会社) 2012. 11. 12, 全文, 図 1-18 & US 2012/0249359 A1	1-12

☒ 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

1 8 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 3 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

須中 栄治

2 S

3 7 1 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 6

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 2013-205399 A (パナソニック株式会社) 2013. 10. 07, 全文, 図 1-17 & US 2014/0062763 A1 & WO 2013/145526 A1	1-12