

(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
2020年1月2日(02.01.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/003459 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 7/32 (2006.01) G01S 13/28 (2006.01)

〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番
3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/024679

(74) 代理人: 田澤 英昭, 外(TAZAWA, Hideaki et al.);
〒1000014 東京都千代田区永田町二丁目12番
4号 赤坂山王センタービル5階 Tokyo (JP).

(22) 国際出願日: 2018年6月28日(28.06.2018)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (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, 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, JO, JP, 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.

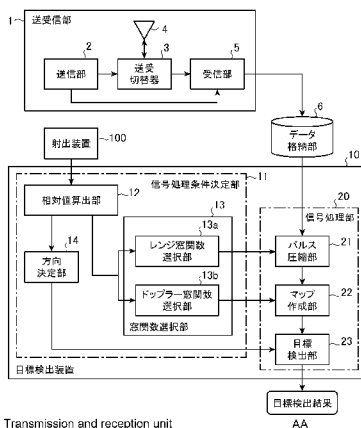
(72) 発明者: 清水 優(SHIMIZU, Yu); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 眞庭 知成(MANIWA, Kazuaki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 影目 聡(KAGEME, Satoshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 原 照幸(HARA, Teruyuki);

(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,

(54) Title: TARGET DETECTION DEVICE, ANGLE MEASUREMENT DEVICE, AND RADAR DEVICE

(54) 発明の名称: 目標検出装置、測角装置及びレーダ装置

[図1]



- 1 Transmission and reception unit
- 2 Transmission unit
- 3 Transmission and reception switch
- 5 Reception unit
- 6 Data storage unit
- 10 Target detection device
- 11 Signal processing condition determination unit
- 12 Relative value calculation unit
- 13 Window function selection unit
- 13a Range window function selection unit
- 13b Doppler window function selection unit
- 14 Direction determination unit
- 20 Signal processing unit
- 21 Pulse compression unit
- 22 Map creation unit
- 23 Target detection unit
- 100 Emission device
- AA Target detection result

(57) Abstract: This angle measurement device (10) comprises a direction determination unit (14) for using the relative distances between a plurality of targets and the relative Doppler frequencies between the plurality of targets to determine an execution direction for constant false alarm rate processing of a range-Doppler map created by a map creation unit (22), and is configured such that clutter included in the range-Doppler map is suppressed as a result of a target detection unit (23) executing constant false alarm rate processing on the range-Doppler map in the direction determined by the direction determination unit (14).

(57) 要約: 複数の目標の間の相対距離と複数の目標の間の相対ドップラー周波数とに基づいて、レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部(14)を設け、目標検出部(23)が、マップ作成部(22)により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を方向決定部(14)により決定された方向に実施することで、レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧するように、測角装置(10)を構成した。

MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称： 目標検出装置、測角装置及びレーダ装置

技術分野

[0001] この発明は、目標を検出する目標検出装置及びレーダ装置と、目標を測角する測角装置とに関するものである。

背景技術

[0002] 以下の特許文献1には、ターゲットまでの距離及びターゲットの速度を検出するFMCWレーダ装置が開示されている。

特許文献1に開示されているFMCWレーダ装置では、ターゲットに反射された受信信号に含まれているサイドローブを低減するために、受信信号に窓関数を乗算するようにしている。

受信信号に乗算する窓関数は、複数のターゲットのピーク周波数が互いに接近している場合、分解能を向上させる第1の窓関数であり、複数のターゲットのピーク周波数が離れている場合、サイドローブを低減する第2の窓関数である。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-271432号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来のレーダ装置は、受信信号に含まれているクラッタ成分を抑圧して、目標の検出性能を高めるために、一定誤警報率（CFAR：Constant False Alarm Rate）処理を実施することがある。特許文献1に開示されているFMCWレーダ装置では、受信信号に窓関数を乗算する処理を実施していても、CFAR処理については実施していない。

しかし、複数の目標の間の相対距離が小さいときに、CFAR処理をドップラー周波数方向に実施すると、或る目標におけるドップラー周波数方向の

サンプルセル内に、隣の目標の電力が漏れ込み、CFAR閾値を正しく算出できなくなることがある。

また、複数の目標の間の相対ドップラー周波数が小さいときに、CFAR処理をレンジ方向に実施すると、或る目標におけるレンジ方向のサンプルセル内に、隣の目標の電力が漏れ込み、CFAR閾値を正しく算出できなくなることがある。CFAR閾値を正しく算出できなければ、目標の誤検出を招く可能性が高くなる。

したがって、従来のレーダ装置では、CFAR閾値を正しく算出することができないために、CFAR処理を実施しても、目標の誤検出を招いてしまうことがあるという課題があった。

[0005] この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、目標の誤検出を防止することができる目標検出装置及びレーダ装置を得ることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] この発明に係る目標検出装置は、複数の目標に反射された電磁波の受信信号から、複数の目標までの距離と複数の目標のドップラー周波数とを示すレンジドップラーマップを作成するマップ作成部と、複数の目標の間の相対距離と複数の目標の間の相対ドップラー周波数とに基づいて、レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部と、マップ作成部により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を方向決定部により決定された方向に実施することで、レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧し、クラッタ抑圧後のレンジドップラーマップから、複数の目標を検出する目標検出部とを備えるようにしたものである。

発明の効果

[0007] この発明によれば、複数の目標の間の相対距離と複数の目標の間の相対ドップラー周波数とに基づいて、レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部を設け、目標検出部が、マップ作成

部により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を方向決定部により決定された方向に実施することで、レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧するように、目標検出装置を構成した。したがって、この発明に係る目標検出装置は、目標の誤検出を防止することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施の形態1による目標検出装置10を含むレーダ装置を示す構成図である。

[図2]実施の形態1によるレーダ装置の送受信部1を示す構成図である。

[図3]実施の形態1による目標検出装置10のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

[図4]実施の形態1による目標検出装置10の目標検出部23を示す構成図である。

[図5]目標検出装置10がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

[図6]目標検出装置10がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合の処理手順を示すフローチャートである。

[図7]複数の目標の間の相対距離 Δr と相対ドップラー周波数 Δf_{dop} との関係を示す説明図である。

[図8]図8Aは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する前の受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ のレンジ分解能、メインローブ及びサイドローブを示す説明図、図8Bは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算した後の受信データ $s_r(\tau, h)$ のレンジ分解能、メインローブ及びサイドローブを示す説明図である。

[図9]図9Aは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する前の受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示す説明図、図9B及び図9Cは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算した後の受信データ $s_r(\tau, h)$ のメ

インローブ及びサイドローブを示す説明図である。

[図10]図10Aは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する前の受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示す説明図、図10B及び図10Cは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(\tau, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算した後の受信データ $s_r(\tau, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示す説明図である。

[図11]レンジ分解能 $\Delta r_{reso, w}$ が相対距離 Δr よりも大きい場合でも、互いのメインローブの干渉が少ない例を示す説明図である。

[図12]CFAR処理の概要を示す説明図である。

[図13]複数の目標(1)(2)が存在している場合のCFAR処理の概要を示す説明図である。

[図14]図14Aは、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} が相対距離 Δr よりも小さい場合のCFAR処理の実施方向を示す説明図、図14Bは、相対距離 Δr が相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さい場合のCFAR処理の実施方向を示す説明図である。

[図15]実施の形態2による測角装置60を含むレーダ装置を示す構成図である。

[図16]実施の形態2によるレーダ装置の送受信部50を示す構成図である。

[図17]実施の形態2による測角装置60のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための形態について、添付の図面に従って説明する。

[0010] 実施の形態1.

図1は、実施の形態1による目標検出装置10を含むレーダ装置を示す構成図である。

図2は、実施の形態1によるレーダ装置の送受信部1を示す構成図である。

図 1 及び図 2 において、送受信部 1 は、送信部 2、送受切替器 3、送受信アンテナ 4 及び受信部 5 を備えている。

送受信部 1 は、送信 RF (Radio Frequency) 信号を生成し、送信 RF 信号を電磁波として空間に放射した後、目標に反射された送信 RF 信号を受信 RF 信号として受信する。

[0011] 送信部 2 は、発振器 2 a、パルス変調器 2 b 及び送信機 2 c を備えている。

発振器 2 a は、送信 RF 信号を発振し、送信 RF 信号をパルス変調器 2 b に出力する。

パルス変調器 2 b は、発振器 2 a から出力された送信 RF 信号をパルス変調し、パルス変調後の送信 RF 信号を送信機 2 c に出力する。

また、パルス変調器 2 b は、受信 RF 信号のダウンコンバート用の信号を受信機 5 a に出力する。

また、パルス変調器 2 b は、パルス圧縮に用いる信号として、参照信号をアナログデジタル変換器（以下、「A/D 変換器」と称する）5 b に出力する。

送信機 2 c は、パルス変調器 2 b から出力されたパルス変調後の送信 RF 信号の増幅処理等を実施して、パルス変調後の送信 RF 信号を送受切替器 3 に出力する。

[0012] 送受切替器 3 は、送信機 2 c から出力された送信 RF 信号を送受信アンテナ 4 に出力し、送受信アンテナ 4 により受信された受信 RF 信号を受信機 5 a に出力する。

送受信アンテナ 4 は、送受切替器 3 から出力された送信 RF 信号を電磁波として空間に放射するとともに、目標に反射された送信 RF 信号を受信 RF 信号として受信し、受信 RF 信号を送受切替器 3 に出力する。

[0013] 受信部 5 は、受信機 5 a 及び A/D 変換器 5 b を備えている。

受信機 5 a は、送受切替器 3 から出力された受信 RF 信号に対する増幅処理等などの受信処理を実施する。

また、受信機 5 a は、パルス変調器 2 b から出力されたダウンコンバートの信号を用いて、受信 R F 信号の周波数をダウンコンバートする。

受信機 5 a は、周波数をダウンコンバートした受信信号を A / D 変換器 5 b に出力する。

A / D 変換器 5 b は、受信機 5 a から出力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し、当該デジタル信号を受信データとしてデータ格納部 6 に出力する。

A / D 変換器 5 b は、パルス変調器 2 b から出力された参照信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、当該デジタル信号を参照データとしてデータ格納部 6 に出力する。

データ格納部 6 は、A / D 変換器 5 b から出力された受信データ及び参照データのそれぞれを格納する記憶媒体である。

[0014] 目標検出装置 1 0 は、信号処理条件決定部 1 1 及び信号処理部 2 0 を備えている。

目標検出装置 1 0 は、データ格納部 6 により格納されている受信データ及び参照データのそれぞれを用いて、経過時間毎に、射出装置 1 0 0 から連続的に射出された複数の目標を検出する装置である。

射出装置 1 0 0 は、複数の目標を連続的に空間に射出する装置である。

射出装置 1 0 0 は、複数の目標の射出条件として、複数の目標の射出速度、射出角度及び射出時間間隔などを示す情報を目標検出装置 1 0 に出力する。

[0015] 図 3 は、実施の形態 1 による目標検出装置 1 0 のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

信号処理条件決定部 1 1 は、相対値算出部 1 2、窓関数選択部 1 3 及び方向決定部 1 4 を備えている。

相対値算出部 1 2 は、例えば、図 3 に示す相対値算出回路 3 1 によって実現される。

相対値算出部 1 2 は、射出装置 1 0 0 から、複数の目標の射出条件を取得

する。

相対値算出部 1 2 は、複数の目標の射出条件から、複数の目標の軌道を予測し、軌道の予測結果から、複数の目標の間の相対距離を算出する。

また、相対値算出部 1 2 は、複数の目標の射出条件から、複数の目標の間の相対ドップラー周波数を算出する。

[0016] 窓関数選択部 1 3 は、レンジ窓関数選択部 1 3 a 及びドップラー窓関数選択部 1 3 b を備えており、例えば、図 3 に示す窓関数選択回路 3 2 によって実現される。

レンジ窓関数選択部 1 3 a は、複数のレンジ窓関数の中から、相対値算出部 1 2 により算出された相対距離に対応するレンジ窓関数を選択し、選択したレンジ窓関数をパルス圧縮部 2 1 に出力する。

ドップラー窓関数選択部 1 3 b は、複数のドップラー窓関数の中から、相対値算出部 1 2 により算出された相対ドップラー周波数に対応するドップラー窓関数を選択し、選択したドップラー窓関数をマップ作成部 2 2 に出力する。

[0017] 方向決定部 1 4 は、例えば、図 3 に示す方向決定回路 3 3 によって実現される。

方向決定部 1 4 は、相対値算出部 1 2 により算出された相対距離と相対ドップラー周波数とに基づいて、レンジドップラーマップに対する一定誤警報率 (CFAR: Constant False Alarm Rate) 処理の実施方向を決定する。

方向決定部 1 4 は、決定した実施方向を目標検出部 2 3 に出力する。

[0018] 信号処理部 2 0 は、パルス圧縮部 2 1、マップ作成部 2 2 及び目標検出部 2 3 を備えている。

パルス圧縮部 2 1 は、例えば、図 3 に示すパルス圧縮回路 3 4 によって実現される。

パルス圧縮部 2 1 は、データ格納部 6 により格納されている受信データに、レンジ窓関数選択部 1 3 a から出力されたレンジ窓関数を乗算する。

パルス圧縮部 2 1 は、データ格納部 6 により格納されている参照データを用いて、レンジ窓関数乗算後の受信データのパルス圧縮を実施し、パルス圧縮後の受信データをマップ作成部 2 2 に出力する。

[0019] マップ作成部 2 2 は、例えば、図 3 に示すマップ作成回路 3 5 によって実現される。

マップ作成部 2 2 は、パルス圧縮部 2 1 から出力されたパルス圧縮後の受信データに、ドップラー窓関数選択部 1 3 b から出力されたドップラー窓関数を乗算する。

マップ作成部 2 2 は、ドップラー窓関数乗算後の受信データをヒット方向の周波数領域に変換することで、レンジドップラーマップを作成し、レンジドップラーマップを目標検出部 2 3 に出力する。

レンジドップラーマップは、複数の目標までの距離と複数の目標のドップラー周波数とを示す 2 次元データである。

[0020] 目標検出部 2 3 は、図 4 に示すように、クラッタ抑圧処理部 2 3 a 及びピーク検出処理部 2 3 b を備えている。

目標検出部 2 3 は、例えば、図 3 に示す目標検出回路 3 6 によって実現される。

目標検出部 2 3 は、マップ作成部 2 2 から出力されたレンジドップラーマップから、複数の目標を検出する。

[0021] 図 4 は、実施の形態 1 による目標検出装置 1 0 の目標検出部 2 3 を示す構成図である。

図 4 において、クラッタ抑圧処理部 2 3 a は、マップ作成部 2 2 により作成されたレンジドップラーマップに対して、方向決定部 1 4 により決定された方向に C F A R 処理を実施することで、クラッタを抑圧する。

クラッタ抑圧処理部 2 3 a は、クラッタ抑圧後のレンジドップラーマップをピーク検出処理部 2 3 b に出力する。

ピーク検出処理部 2 3 b は、クラッタ抑圧処理部 2 3 a から出力されたレンジドップラーマップに含まれているピーク値を検出することで、複数の目

標を検出する。

[0022] 図1では、目標検出装置10の構成要素である相対値算出部12、窓関数選択部13、方向決定部14、パルス圧縮部21、マップ作成部22及び目標検出部23のそれぞれが、図3に示すような専用のハードウェアで実現されるものを想定している。即ち、目標検出装置10が、相対値算出回路31、窓関数選択回路32、方向決定回路33、パルス圧縮回路34、マップ作成回路35及び目標検出回路36で実現されるものを想定している。

ここで、相対値算出回路31、窓関数選択回路32、方向決定回路33、パルス圧縮回路34、マップ作成回路35及び目標検出回路36は、例えば、単一回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array)、又は、これらを組み合わせたものが該当する。

[0023] 目標検出装置10の構成要素は、専用のハードウェアで実現されるものに限るものではなく、目標検出装置10がソフトウェア、ファームウェア、又は、ソフトウェアとファームウェアとの組み合わせで実現されるものであってもよい。

ソフトウェア又はファームウェアは、プログラムとして、コンピュータのメモリに格納される。コンピュータは、プログラムを実行するハードウェアを意味し、例えば、CPU (Central Processing Unit)、中央処理装置、処理装置、演算装置、マイクロプロセッサ、マイクロコンピュータ、プロセッサ、あるいは、DSP (Digital Signal Processor) が該当する。

図5は、目標検出装置10がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合のコンピュータのハードウェア構成図である。

目標検出装置10がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合、相対値算出部12、窓関数選択部13、方向決定部14、パルス圧縮部

21、マップ作成部22及び目標検出部23の処理手順をコンピュータに実行させるためのプログラムがメモリ41に格納される。そして、コンピュータのプロセッサ42がメモリ41に格納されているプログラムを実行する。

図6は、目標検出装置10がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される場合の処理手順を示すフローチャートである。

[0024] また、図3では、目標検出装置10の構成要素のそれぞれが専用のハードウェアで実現される例を示し、図5では、目標検出装置10がソフトウェア又はファームウェアなどで実現される例を示している。しかし、これは一例に過ぎず、目標検出装置10における一部の構成要素が専用のハードウェアで実現され、残りの構成要素がソフトウェア又はファームウェアなどで実現されるものであってもよい。

[0025] 次に、図1に示すレーダ装置の動作について説明する。

発振器2aは、送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ を発振し、送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ をパルス変調器2bに出力する。

図1に示すレーダ装置では、発振器2aが、送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ として、時間の経過に伴って周波数が変化するチャープ信号を発振するものとする。

時間の経過に伴って周波数が変化する送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ は、以下の式(1)のように表される。

$$s_{osc}(\tau) = Amp \cdot \exp\{j\pi K_r \tau^2\} \quad (1)$$

$$(0 \leq \tau \leq T_p)$$

式(1)において、Ampは、送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ の振幅、 τ は、レンジ方向の時間、 K_r は、チャープ率である。

[0026] パルス変調器2bは、発振器2aから送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ を受けると、送信RF信号 $s_{osc}(\tau)$ をパルス変調し、パルス変調後の送信RF信号 $s_t(\tau)$ を送信機2cに出力する。

パルス変調後の送信RF信号 $s_t(\tau)$ は、以下の式(2)のように表される。

$$s_t(\tau) = \text{Amp} \cdot \exp\{j(2\pi f_c \tau + \pi K_r \tau^2)\} \quad (2)$$

$$(0 \leq \tau \leq T_p)$$

式(2)において、 f_c は、送信RF信号 $s_t(\tau)$ の中心周波数である。
チャープ率 K_r は、以下の式(3)のように表される。

$$K_r = \frac{B}{T_p} \quad (3)$$

式(3)において、 B は、送信RF信号 $s_t(\tau)$ の周波数帯域幅、 T_p は、送信RF信号 $s_t(\tau)$ を構成しているパルス信号のパルス幅である。

[0027] また、パルス変調器2bは、受信RF信号 s_r のダウンコンバート用の信号 $s_{\text{down}}(\tau)$ を受信機5aに出力する。

信号 $s_{\text{down}}(\tau)$ は、以下の式(4)のように表される。

$$s_{\text{down}}(\tau) = \exp(-j2\pi f_c \tau) \quad (4)$$

また、パルス変調器2bは、パルス圧縮部21がパルス圧縮に用いる信号として、参照信号 $s_{\text{ref}}(\tau)$ をA/D変換器5bに出力する。

参照信号 $s_{\text{ref}}(\tau)$ は、以下の式(5)に示すように、パルス変調後の送信RF信号 $s_t(\tau)$ におけるチャープ成分の位相の複素共役がとられた信号である。

$$S_{\text{ref}}(\tau) = \text{Amp} \cdot \exp\{j\pi K_r \tau^2\} \quad (5)$$

[0028] 送信機2cは、パルス変調器2bからパルス変調後の送信RF信号 $s_t(\tau)$ を受けると、送信RF信号 $s_t(\tau)$ の増幅処理等を実施して、送信RF信号 $s_t(\tau)$ を送受切替器3に出力する。

送受切替器3は、送信機2cから出力された送信RF信号 $s_t(\tau)$ を送受信アンテナ4に出力することで、送受信アンテナ4から送信RF信号 $s_t(\tau)$ を電磁波として空間に放射させる。

送受信アンテナ4から放射された送信RF信号 $s_t(\tau)$ は、目標に反射されて、送受信アンテナ4に戻ってくる。

送受信アンテナ 4 は、目標に反射された送信 R F 信号 $s_t(\tau)$ を受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ として受信し、受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ を送受切替器 3 に出力する。

[0029] 送受切替器 3 は、送受信アンテナ 4 から出力された受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ を受信機 5 a に出力する。

或る 1 つの目標に反射された受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ は、以下の式 (6) のように表される。

$$s_r(\tau) = Amp' \cdot \exp\{j(2\pi f_c(\tau - \tau_d) + \pi K_r(\tau - \tau_d)^2)\} \quad (6)$$

式 (6) において、 Amp' は、受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ の振幅であり、 $Amp > Amp'$ である。

τ_d は、送受信アンテナ 4 から送信 R F 信号 $s_t(\tau)$ が放射されたのち、目標に反射されて、受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ が送受信アンテナ 4 に戻ってくるまでの往復反射時間であり、以下の式 (7) のように表される。

$$\tau_d = \frac{2R(\tau)}{c} \quad (7)$$

式 (7) において、 c は、電磁波の伝搬速度であり、 $R(\tau)$ は、送受信アンテナ 4 から 1 つの目標までの距離である。

[0030] 受信機 5 a は、送受切替器 3 から受信 R F 信号 $s_r(\tau)$ を受けると、受信 R F 信号 s_r に対する増幅処理等などの受信処理を実施する。

また、受信機 5 a は、パルス変調器 2 b から出力されたダウンコンバートの信号 $s_{down}(\tau)$ を用いて、受信処理後の受信 R F 信号の周波数をダウンコンバートする。

受信機 5 a は、周波数をダウンコンバートした受信信号を A/D 変換器 5 b に出力する。

[0031] A/D 変換器 5 b は、パルス変調器 2 b から受信信号を受けると、受信信号をアナログ信号からデジタル信号に変換し、当該デジタル信号を受信データ $s_{r0}(n, h)$ としてデータ格納部 6 に出力する。

受信データ $s_{r0}(n, h)$ は、以下の式 (8) のように表される。

$$s_{r_0}(n, h) = \text{Amp}'_h \cdot \exp \left\{ j \left(-2\pi f_c (hT_{\text{pri}} + n\Delta t) + \pi K_r (n\Delta t - \frac{2R}{c} v (hT_{\text{pri}} + n\Delta t)^2) \right) \right\}$$

$$(h = 0, 1, \dots, H - 1) \quad (8)$$

$$(n = 0, 1, \dots, N - 1)$$

$$(hT_{\text{pri}} \leq hT_{\text{pri}} + n\Delta t \leq hT_{\text{pri}} + T_p)$$

式(8)において、 Amp'_h は、受信データ $s_{r_0}(n, h)$ のヒット毎の振幅、 T_{pri} は、パルス繰り返し周期(PRI)、 n は、PRI内のサンプリング番号、 Δt は、PRI内のサンプリング間隔である。

h は、ヒット番号、 H は、ヒット数であり、以下の式(9)のように表される。

$$H = \text{floor} \left(\frac{T_p}{T_{\text{pri}}} \right) \quad (9)$$

式(9)において、 floor は、 (T_p / T_{pri}) で表される値の小数点を切り捨てる関数である。

式(8)に示す受信データ $s_{r_0}(\tau, h)$ は、レンジ方向の時間 τ とヒット番号 h とで表される2次元のデータとしてデータ格納部6に格納される。

[0032] A/D変換器5bは、パルス変調器2bから参照信号 $s_{\text{ref}}(\tau)$ を受けると、参照信号 $s_{\text{ref}}(\tau)$ をアナログ信号からデジタル信号に変換し、当該デジタル信号を参照データ $s_{\text{ref}}(n, h)$ としてデータ格納部6に出力する。

参照データ $s_{\text{ref}}(n, h)$ は、以下の式(10)のように表される。

$$S_{\text{ref}}(n, h) = \text{Amp} \cdot \exp \left\{ j\pi K_r (n\Delta t)^2 \right\} \quad (10)$$

[0033] 射出装置100は、複数の目標の射出速度、複数の目標の射出角度及び複数の目標の射出時間間隔などの射出条件に従って、複数の目標を連続的に空間に射出する。

射出装置100は、射出条件を示す情報を相対値算出部12に出力する。

ここで、図7は、複数の目標の間の相対距離 Δr と相対ドップラー周波数 Δf_{dop} との関係を示す説明図である。

図7では、複数の目標がレーダ装置から近距離の位置に存在しているとき

の相対距離 Δr と相対ドップラー周波数 Δf_{dop} との関係を示している。また、図7では、複数の目標がレーダ装置から遠距離の位置に存在しているときの相対距離 Δr と相対ドップラー周波数 Δf_{dop} との関係を示している。

[0034] レーダ装置から近距離の位置に存在している複数の目標は、遠距離の位置に存在している複数の目標と比べて、射出速度の減衰が少ない。したがって、近距離の位置に存在している複数の目標の間の相対距離 Δr は、遠距離の位置に存在している複数の目標の間の相対距離 Δr よりも大きい。また、近距離の位置に存在している複数の目標の間の相対ドップラー周波数 Δf_{dop} についても遠距離の位置に存在している複数の目標の間の相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも大きい。

なお、複数の目標が、レーダ装置から近距離の位置に存在しているか、遠距離の位置に存在しているかにかかわらず、射出装置100から目標が出射される際の射出速度及び射出角度に応じて、相対距離 Δr 及び相対ドップラー周波数 Δf_{dop} は、共に変化する。

[0035] 相対値算出部12は、射出装置100から、複数の目標の射出条件を取得する。

相対値算出部12は、複数の目標の射出条件に含まれている複数の目標の射出速度及び射出角度から、複数の目標の軌道を予測する。目標の軌道を予測する処理自体は、公知の技術であるため詳細な説明を省略する。

相対値算出部12は、軌道の予測結果から複数の目標の間の相対距離 Δr を算出する。

射出装置100から連続的に射出される複数の目標の射出時間間隔が射出条件に含まれているため、目標の軌道が分かれば、相対距離 Δr は、容易に算出することができる。

また、相対値算出部12は、以下の式(11)に示すように、複数の目標の間の相対ドップラー周波数 Δf_{dop} を算出する。

$$\Delta f_{dop} = \left| -\frac{2}{\lambda} (v_1 - v_2) \right| \quad (11)$$

式(11)において、 λ は、送信RF信号 $s_t(\tau)$ の波長であり、 $v_1 - v_2$ は、隣接する目標の間の相対の射出速度である。

相対値算出部12は、相対距離 Δr をレンジ窓関数選択部13a及び方向決定部14のそれぞれに出力する。

また、相対値算出部12は、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} をドップラー窓関数選択部13b及び方向決定部14のそれぞれに出力する。

[0036] レンジ窓関数選択部13aは、相対値算出部12から相対距離 Δr を受けると、複数のレンジ窓関数の中から、相対距離 Δr に対応するレンジ窓関数 w_r を選択し、選択したレンジ窓関数 w_r をパルス圧縮部21に出力する(図6のステップST1)。

以下、レンジ窓関数選択部13aによるレンジ窓関数 w_r の選択処理の具体例を説明する。

[0037] ここで、図8は、レンジ窓関数乗算前後の受信データのレンジ分解能、メインローブ及びサイドローブを示す説明図である。

図8Aは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する前の受信データ $s_{r0}(n, h)$ のレンジ分解能、メインローブ及びサイドローブを示している。図8Bは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算した後の受信データ $s_r(n, h)$ のレンジ分解能、メインローブ及びサイドローブを示している。

図8Bに示すサイドローブのレベルは、図8Aに示すサイドローブのレベルよりも低下している。したがって、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算することで、受信データ $s_{r0}(n, h)$ のサイドローブが抑圧される。

図8Bに示すメインローブは、図8Aに示すメインローブよりも広がっている。したがって、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算することで、レンジ分解能が Δr_{reso} から $\Delta r_{reso, w}$ に変化している。 $\Delta r_{reso} < \Delta r_{reso, w}$ である。

[0038] パルス圧縮部21がレンジ窓関数 w_r を乗算する前のレンジ分解能 Δr_{reso}

は、以下の式（１２）で表される。

$$\Delta r_{\text{reso}} = \frac{c}{2B} \quad (12)$$

パルス圧縮部２１がレンジ窓関数 w_r を乗算した後のレンジ分解能 $\Delta r_{\text{reso},w}$ は、以下の式（１３）で表される。

$$\Delta r_{\text{reso},w} = \alpha_{r,w} \Delta r_{\text{reso}} \quad (13)$$

式（１３）において、 $\alpha_{r,w}$ は、レンジ窓関数 w_r を乗算した際のレンジ分解能 $\Delta r_{\text{reso},w}$ の補正係数である。

[0039] 図９は、２つの目標（１）（２）がレーダ装置から近距離の位置に存在しているときの受信データのメインローブ及びサイドローブを示す説明図である。

図９Ａは、パルス圧縮部２１が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する前の受信データ $s_{r0}(n, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示している。

図９Ｂ及び図９Ｃは、パルス圧縮部２１が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算した後の受信データ $s_r(n, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示している。

図９Ｃに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r の形状は、図９Ｂに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r の形状と比べて、振幅減衰が急峻である。

[0040] 即ち、図９Ｂに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r は、適用区間の中心から両端にかけて振幅減衰が緩やかな形状の窓関数である。振幅減衰が緩やかな形状の窓関数としては、例えばハニング窓のように、メインローブの広がりが少ない窓関数が該当する。ただし、振幅減衰が緩やかな形状の窓関数は、振幅減衰が急峻な形状の窓関数よりも、サイドローブの抑圧効果が小さい。

図９Ｃに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r は、適用区間の中心から両端にかけて振幅減衰が急峻な形状の窓関数である

。振幅減衰が急峻な形状の窓関数としては、例えばブラックマンハリス窓のように、メインローブの広がり大きい、サイドローブの大幅な抑圧が期待できる窓関数が該当する。

受信データ $s_r(n, h)$ のレンジ分解能 $\Delta r_{reso, w}$ が、目標 (1) と目標 (2) のメインローブの間の相対距離 Δr よりも大きくなるようなレンジ窓関数 w_r が選択された場合、互いのメインローブが干渉するため、位相のずれが生じて目標の検出精度が低下してしまう。

しかし、目標 (1) と目標 (2) がレーダ装置から近距離の位置に存在している場合、目標 (1) と目標 (2) の相対距離 Δr は、比較的大きい。したがって、目標 (1) と目標 (2) がレーダ装置から近距離の位置に存在している場合、レンジ窓関数選択部 13a が、振幅減衰が急峻な形状のレンジ窓関数 w_r を選択しても、互いのメインローブが干渉する可能性は低い。

[0041] 図10は、2つの目標 (1) (2) がレーダ装置から遠距離の位置に存在しているときの受信データのメインローブ及びサイドローブを示す説明図である。

図10Aは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する前の受信データ $s_{r0}(n, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示している。

図10B及び図10Cは、パルス圧縮部21が受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算した後の受信データ $s_r(n, h)$ のメインローブ及びサイドローブを示している。

図10Cに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r の形状は、図10Bに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r の形状と比べて、振幅減衰が急峻である。

[0042] 即ち、図10Bに示す受信データ $s_r(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数 w_r は、適用区間の中心から両端にかけて振幅減衰が緩やかな形状の窓関数である。

図10Cに示す受信データ $s_{r0}(n, h)$ に乗算されているレンジ窓関数

w_r は、適用区間の中心から両端にかけて振幅減衰が急峻な形状の窓関数である。

受信データ $s_r(n, h)$ のレンジ分解能 $\Delta r_{reso, w}$ が、目標（１）と目標（２）のメインローブの間の相対距離 Δr よりも大きくなるようなレンジ窓関数 w_r が選択された場合、互いのメインローブが干渉するため、位相のずれが生じて目標の検出精度が低下してしまう。

目標（１）と目標（２）がレーダ装置から遠距離の位置に存在している場合、目標（１）と目標（２）の相対距離 Δr は、比較的小さい。したがって、目標（１）と目標（２）がレーダ装置から遠距離の位置に存在している場合、レンジ窓関数選択部 13 a が、振幅減衰が急峻な形状のレンジ窓関数 w_r を選択すると、互いのメインローブが干渉する可能性が高い。

図 10 C の例では、振幅減衰が急峻な形状のレンジ窓関数 w_r が選択されており、サイドローブが大きく低減されているが、互いのメインローブが干渉している。

互いのメインローブが干渉しない範囲で、サイドローブを出来るだけ低減するには、 $\Delta r_{reso, w} < \Delta r$ を満たすレンジ窓関数 w_r の中で、レンジ分解能 $\Delta r_{reso, w}$ が最も大きくなるレンジ窓関数 w_r を選択することが望ましい。

なお、カイザー窓など、窓関数の形状を特徴付けるパラメータの変更が可能な窓関数を用いる場合、パラメータを変更することで、 $\Delta r_{reso, w} < \Delta r$ を満たすように、窓関数の形状を変更することが可能である。

[0043] レンジ窓関数選択部 13 a は、レンジ窓関数 w_r を選択する際、事前に用意している複数のレンジ窓関数の中に、以下の式（１４）に示すように、レンジ分解能 $\Delta r_{reso, w}$ が相対距離 Δr よりも小さいレンジ窓関数が存在しているか否かを判定する。

$$\Delta r_{reso, w} < \Delta r \quad (14)$$

レンジ窓関数選択部 13 a は、レンジ分解能 $\Delta r_{reso, w}$ が相対距離 Δr よりも小さいレンジ窓関数が存在していない場合、互いのメインローブが干渉

してしまうため、レンジ窓関数 w_r を乗算しない旨をパルス圧縮部21に通知する。

あるいは、レンジ窓関数選択部13aは、図11に示すように、2つの目標(1)(2)におけるレンジ窓関数乗算後のそれぞれのNull点が、隣の目標(2)(1)のメインローブのピーク位置となるようなレンジ窓関数 w_r を選択する。当該レンジ窓関数 w_r を選択した場合、互いのメインローブの干渉は少なくなる。

図11は、レンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ が相対距離 Δr よりも大きい場合でも、互いのメインローブの干渉が少ない例を示す説明図である。

[0044] レンジ窓関数選択部13aは、レンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ が相対距離 Δr よりも小さいレンジ窓関数が存在している場合、レンジ窓関数 w_r として、レンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ が相対距離 Δr よりも小さいレンジ窓関数を選択する。

レンジ窓関数選択部13aにより選択されるレンジ窓関数 w_r は、以下の式(15)で表される。

$$w_r = \text{calc}(\beta_r \Delta r_{reso,w} < \Delta r) \quad (15)$$

式(15)において、calcは、括弧内の条件を満足する窓関数を算出するための関数である。 β_r は、レンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ が相対距離 Δr よりも小さくなるように、レンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ を調整するための係数である。

なお、係数 β_r は、 $\Delta r_{reso,w} < \Delta r$ を満たす範囲で、レンジ窓関数乗算後のレンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ が最も大きくなるような係数であることが望ましい。

[0045] ドップラー窓関数選択部13bは、相対値算出部12から相対ドップラー周波数 Δf_{dop} を受けると、複数のドップラー窓関数の中から、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} に対応するドップラー窓関数 w_{dop} を選択する(図6のステップST2)。

ドップラー窓関数選択部13bは、選択したドップラー窓関数 w_{dop} をマップ作成部22に出力する。

以下、ドップラー窓関数選択部 13b によるドップラー窓関数 w_{dop} の選択処理の具体例を説明する。

[0046] マップ作成部 22 がドップラー窓関数 w_{dop} を乗算する前のドップラー周波数の分解能 $\Delta f_{dop, reso}$ は、以下の式 (16) で表される。

$$\Delta f_{dop, reso} = \frac{1}{N_{hit} T_{pri}} \quad (16)$$

式 (16) において、 N_{hit} はヒット数である。

マップ作成部 22 がドップラー窓関数 w_{dop} を乗算した後のドップラー周波数の分解能 $\Delta f_{dop, reso, w}$ は、以下の式 (17) で表される。

$$\Delta f_{dop, reso, w} = \alpha_{dop, w} \Delta f_{dop, reso} \quad (17)$$

式 (17) において、 $\alpha_{dop, w}$ は、ドップラー窓関数 w_{dop} を乗算した際のドップラー周波数の分解能 $\Delta f_{dop, reso, w}$ の補正係数である。

[0047] ドップラー窓関数 w_{dop} を選択する場合でも、レンジ窓関数 w_r を選択する場合と同様に、ドップラー周波数の分解能 $\Delta f_{dop, reso, w}$ が、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも大きい場合、複数の目標における互いのメインローブが干渉してしまう。

そこで、ドップラー窓関数選択部 13b は、以下の式 (18) に示すように、事前に用意している複数のドップラー窓関数の中に、分解能 $\Delta f_{dop, reso, w}$ が相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さいドップラー窓関数が存在しているか否かを判定する。

$$\Delta f_{dop, reso, w} < \Delta f_{dop} \quad (18)$$

[0048] ドップラー窓関数選択部 13b は、分解能 $\Delta f_{dop, reso, w}$ が相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さいドップラー窓関数が存在していない場合、互いのメインローブが干渉してしまうため、ドップラー窓関数 w_{dop} を乗算しない旨をマップ作成部 22 に通知する。

あるいは、ドップラー窓関数選択部 13b は、複数の目標におけるレンジ窓関数乗算後のそれぞれの $N_{u \mid l}$ 点が、隣の目標のメインローブのピーク

位置となるようなドップラー窓関数 w_{dop} を選択する。当該ドップラー窓関数 w_{dop} を選択した場合、互いのメインローブの干渉は少なくなる。

[0049] ドップラー窓関数選択部 13b は、分解能 $\Delta f_{\text{dop, reso, w}}$ が相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さいドップラー窓関数が存在している場合、ドップラー窓関数 w_{dop} として、式 (18) を満足するドップラー窓関数を選択する。

ドップラー窓関数選択部 13b により選択されるレンジ分解能 $\Delta r_{\text{reso, w}}$ は、以下の式 (19) で表される。

$$w_{\text{dop}} = \text{calc}(\beta_{\text{dop}} \Delta f_{\text{dop, reso, w}} < \Delta f_{\text{dop}}) \quad (19)$$

式 (20) において、 β_{dop} は、ドップラー周波数の分解能 $\Delta f_{\text{dop, reso, w}}$ が相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さくなるように、分解能 $\Delta f_{\text{dop, reso, w}}$ を調整するための係数である。

係数 β_{dop} は、 $\Delta f_{\text{dop, reso, w}} < \Delta f_{\text{dop}}$ を満たす範囲で、ドップラー窓関数乗算後の分解能 $\Delta f_{\text{dop, reso, w}}$ が最も大きくなるような係数であることが望ましい。

calc は、括弧内の条件で窓関数を算出する関数である。

[0050] 図 12 は、CFAR 処理の概要を示す説明図である。

CFAR 処理では、図 12 に示すように、目標の有無を判定する対象のセルであるテストセルの前後に存在している複数のサンプルセルにおける電力の平均値であるサンプルセル平均電力と CFAR 係数を乗算することで、CFAR 閾値を算出する。

次に、CFAR 処理では、テストセルの電力と CFAR 閾値とを比較し、テストセルの電力が CFAR 閾値以上であれば、目標がテストセルに存在していると判定し、テストセルの電力が CFAR 閾値未満であれば、目標がテストセルに存在していないと判定する。

CFAR 処理では、図 12 に示すように、ガードセルを設けることで、CFAR 閾値を算出する際に、サイドローブの電力の漏れ込みを防ぐことが可

能である。

[0051] 図13は、複数の目標(1)(2)が存在している場合のCFAR処理の概要を示す説明図である。

目標(1)と目標(2)は、互いの相対距離 Δr が小さい場合がある。また、目標(1)と目標(2)は、互いの相対ドップラー周波数 Δf_{dop} が小さい場合がある。

相対距離 Δr が小さいときに、CFAR処理をドップラー周波数方向に実施すると、図13に示すように、目標(1)のサンプルセルに隣の目標(2)の電力が漏れ込み、CFAR閾値を正しく算出できなくなることがある。

相対ドップラー周波数 Δf_{dop} が小さいときに、CFAR処理をレンジ方向に実施すると、同様に、CFAR閾値を正しく算出できなくなることがある。

[0052] したがって、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} が、相対距離 Δr よりも小さい場合、図14Aに示すように、CFAR処理をレンジ方向に実施するよりも、ドップラー周波数方向に実施する方が、CFAR閾値を正しく算出できる可能性が高くなる。

相対距離 Δr が、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さい場合、図14Bに示すように、CFAR処理をドップラー周波数方向に実施するよりも、レンジ方向に実施する方が、CFAR閾値を正しく算出できる可能性が高くなる。

図14は、相対距離 Δr 及び相対ドップラー周波数 Δf_{dop} とCFAR処理の実施方向との関係を示す説明図である。

図14Aは、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} が相対距離 Δr よりも小さい場合のCFAR処理の実施方向を示し、図14Bは、相対距離 Δr が相対ドップラー周波数 Δf_{dop} よりも小さい場合のCFAR処理の実施方向を示している。

[0053] 方向決定部14は、相対値算出部12から相対距離 Δr 及び相対ドップラー周波数 Δf_{dop} を受けると、以下の式(20)に示すように、相対距離 Δr

をレンジ分解能 $\Delta r_{reso,w}$ で規格化する。

$$\Delta r_{bin} = \frac{\Delta r}{\Delta r_{reso,w}} \quad (20)$$

式(20)において、 Δr_{bin} は、規格化後の相対距離である。

方向決定部14は、以下の式(21)に示すように、相対ドップラー周波数 Δf_{dop} をドップラー周波数の分解能 $\Delta f_{dop, reso, w}$ で規格化する。

$$\Delta f_{dop, bin} = \frac{\Delta f_{dop}}{\Delta f_{dop, reso, w}} \quad (21)$$

式(21)において、 $\Delta f_{dop, bin}$ は、規格化後の相対ドップラー周波数である。

[0054] 方向決定部14は、規格化後の相対距離 Δr_{bin} と規格化後の相対ドップラー周波数 $\Delta f_{dop, bin}$ とを比較する(図6のステップST3)。

方向決定部14は、規格化後の相対距離 Δr_{bin} が規格化後の相対ドップラー周波数 $\Delta f_{dop, bin}$ よりも大きければ(図6のステップST3: Yesの場合)、CFAR処理の実施方向をドップラー周波数方向に決定する(図6のステップST4)。

方向決定部14は、規格化後の相対距離 Δr_{bin} が規格化後の相対ドップラー周波数 $\Delta f_{dop, bin}$ 以下であれば(図6のステップST3: Noの場合)、CFAR処理の実施方向をレンジ方向に決定する(図6のステップST5)。

方向決定部14は、決定した実施方向を目標検出部23に出力する。

[0055] パルス圧縮部21は、データ格納部6から受信データ $s_{r0}(n, h)$ 及び参照データ $s_{ref}(n, h)$ を取得する。

パルス圧縮部21は、レンジ窓関数選択部13aからレンジ窓関数 w_r を受けると、以下の式(22)に示すように、受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する(図6のステップST6)。

$$S_r(n, h) = w_r S_{r0}(n, h) \quad (22)$$

パルス圧縮部 21 は、レンジ窓関数選択部 13 a からレンジ窓関数 w_r を乗算しない旨の通知を受けているときは、以下の式 (23) に示すように、受信データ $s_{r0}(n, h)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算しない。

$$S_r(n, h) = S_{r0}(n, h) \quad (23)$$

[0056] 次に、パルス圧縮部 21 は、以下の式 (24) に示すように、受信データ $s_r(n, h)$ に参照データ $s_{ref}(n, h)$ を時間領域で畳み込み積分を行うことで、受信データ $s_r(n, h)$ のパルス圧縮を実施する (図 6 のステップ ST7)。

$$S_{rfm}(n, h) = S_r(n, h) * S_{ref}(n, h) \quad (24)$$

パルス圧縮部 21 は、パルス圧縮後の受信データ $s_{rfm}(n, h)$ をマップ作成部 22 に出力する。

[0057] ここでは、パルス圧縮部 21 が、受信データ $s_r(n, h)$ に参照データ $s_{ref}(n, h)$ を時間領域で畳み込み積分を行うことで、受信データ $s_r(n, h)$ をパルス圧縮している。しかし、これは一例に過ぎず、パルス圧縮部 21 が、以下に示す方法で、受信データ $s_r(n, h)$ のパルス圧縮を実施するようにしてもよい。

即ち、パルス圧縮部 21 は、受信データ $s_r(n, h)$ 及び参照データ $s_{ref}(n, h)$ のそれぞれを周波数領域の信号に変換する。

次に、パルス圧縮部 21 は、受信データ $s_r(n, h)$ の周波数領域信号と、参照データ $s_{ref}(n, h)$ の周波数領域信号とを複素乗算することで、チャープ成分を除去する。

そして、パルス圧縮部 21 は、複素乗算した信号を時間領域の信号に変換することで、パルス圧縮後の受信データ $s_{rfm}(n, h)$ を得る。

[0058] マップ作成部 22 は、ドップラー窓関数選択部 13 b からドップラー窓関数 w_{dp} を受けると、以下の式 (25) に示すように、パルス圧縮部 21 から出力されたパルス圧縮後の受信データ $s_{rfm}(n, h)$ にドップラー窓関数 w_{dp} を乗算する (図 6 のステップ ST8)。

$$S_{\text{rfm},w}(n, h) = w_{\text{dop}} S_{\text{rfm}}(n, h) \quad (25)$$

マップ作成部22は、ドップラー窓関数選択部13bからドップラー窓関数 w_{dop} を乗算しない旨の通知を受けているときは、以下の式(26)に示すように、受信データ $s_{\text{rfm}}(n, h)$ にドップラー窓関数 w_{dop} を乗算しない。

$$S_{\text{rfm},w}(n, h) = S_{\text{rfm}}(n, h) \quad (26)$$

[0059] 次に、マップ作成部22は、以下の式(27)に示すように、受信データ $s_{\text{rfm},w}(n, h)$ をヒット方向の周波数領域に変換することで、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k)$ を作成する(図6のステップST9)。

$$S_{2D}(n, k) = \sum_{h=0}^{H_{\text{fft}}} S_{\text{rfm}}(n, h) \exp\left(-j2\pi \frac{h}{H_{\text{fft}}} k\right) \quad (27)$$

$(k = 0, 1, \dots, H_{\text{fft}} - 1)$

式(26)において、 H_{fft} は、ヒット方向のFFTデータ点数である。

なお、受信データ $s_{\text{rfm},w}(n, h)$ をヒット方向の周波数領域に変換する方法としては、受信データ $s_{\text{rfm},w}(n, h)$ をヒット方向に高速フーリエ変換する方法が考えられる。

また、受信データ $s_{\text{rfm},w}(n, h)$ をヒット方向に離散フーリエ変換する方法又は受信データ $s_{\text{rfm},w}(n, h)$ をヒット方向にチャープ z 変換する方法が考えられる。

マップ作成部22は、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k)$ を目標検出部23に出力する。

[0060] クラッタ抑圧処理部23aは、マップ作成部22からレンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k)$ を受けると、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k)$ に対して、方向決定部14により決定された方向にCFAR処理を実施することで、クラッタを抑圧する(図6のステップST10)。

図14Aの例では、クラッタ抑圧処理部23aが、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k)$ に対して、ドップラー周波数方向のCFAR処理を実施し

ている。

図14Bの例では、クラッタ抑圧処理部23aが、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k)$ に対して、レンジ方向のCFAR処理を実施している。

クラッタ抑圧処理部23aは、CFAR処理後のレンジドップラーマップ $s_{2D, CFAR}(n, k)$ をピーク検出処理部23bに出力する。

[0061] ピーク検出処理部23bは、クラッタ抑圧処理部23aからレンジドップラーマップ $s_{2D, CFAR}(n, k)$ を受けると、複数の目標の検出処理として、レンジドップラーマップ $s_{2D, CFAR}(n, k)$ に含まれているピーク値の検出処理を実施する（図6のステップST11）。

[0062] 以上の実施の形態1は、複数の目標の間の相対距離と複数の目標の間の相対ドップラー周波数とに基づいて、レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部14を設け、目標検出部23が、マップ作成部22により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を方向決定部14により決定された方向に実施することで、レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧するように、目標検出装置10を構成した。したがって、実施の形態1の目標検出装置10は、目標の誤検出を防止することができる。

[0063] 実施の形態2.

実施の形態1のレーダ装置では、目標検出装置10を備えている。

実施の形態2では、測角装置60を備えているレーダ装置について説明する。

[0064] 図15は、実施の形態2による測角装置60を含むレーダ装置を示す構成図である。

図16は、実施の形態2によるレーダ装置の送受信部50を示す構成図である。

図17は、実施の形態2による測角装置60のハードウェアを示すハードウェア構成図である。

図15から図17において、図1から図3と同一符号は同一又は相当部分

を示すので説明を省略する。

送受信部 50 は、送信部 2、 M (M は 1 以上の整数) 個の送受切替器 $3-1 \sim 3-M$ 、 M 個の送受信アンテナ $4-1 \sim 4-M$ 及び受信部 5 を備えている。

送受信部 50 は、送信 RF 信号を生成し、送信 RF 信号を電磁波として空間に放射した後、目標に反射された送信 RF 信号を受信 RF 信号として受信する。

送受信部 50 が、 M 個の送受切替器 $3-1 \sim 3-M$ と、 M 個の送受信アンテナ $4-1 \sim 4-M$ とを備えることで、例えば、アダプティブアレーアンテナとして使用することが可能になる。

[0065] 信号処理部 20 は、パルス圧縮部 21、マップ作成部 22、目標検出部 23 及び測角部 24 を備えている。

目標検出部 23 のピーク検出処理部 23b は、複数の目標を検出すると、複数の目標のそれぞれの位相を抽出し、それぞれの位相を測角部 24 に出力する。

測角部 24 は、例えば、図 17 に示す測角回路 37 によって実現される。

測角部 24 は、ピーク検出処理部 23b から出力された位相を用いて、モノパルス測角方式などの測角処理を実施することで、複数の目標を測角する。

[0066] 次に、図 15 に示すレーダ装置の動作について説明する。ここでは、図 1 に示すレーダ装置と相違する部分を説明する。

図 1 に示すレーダ装置では、送受信部 1 が備える送受信アンテナ 4 の数が 1 つであるため、A/D 変換器 5b から、式 (8) に示すような受信データ $s_{r0}(n, h)$ がデータ格納部 6 に出力されている。

[0067] 図 15 に示すレーダ装置では、送受信部 1 が備える送受信アンテナ $4-1 \sim 4-M$ の数が M 個であるため、A/D 変換器 5b から、以下の式 (28) に示すような受信データ $s_{r0}(n, h, m)$ がデータ格納部 6 に出力される。

$$S_{r_0}(n, h, m) = \begin{cases} Amp'_h \exp \left\{ j \left(-2\pi f_c \frac{2v}{c} (hT_{pri} + n\Delta t) + \pi K_r \left(n\Delta t - \frac{2R}{c} v(hT_{pri} + n\Delta t) \right)^2 \right) \right\} \\ \quad \times \exp \left(-j2\pi f_c \frac{md}{c} \sin \theta \right) \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (28)$$

$$(h = 0, 1, \dots, H-1)$$

$$(n = 0, 1, \dots, N-1)$$

$$(m = 0, 1, \dots, M-1)$$

$$(hT_{pri} \leq n\Delta t \leq hT_{pri} + T_p)$$

式(28)において、 m は、送受信アンテナ4-1～4-Mのアンテナ番号、 M は、送受信アンテナ4-1～4-Mの個数、 d は、送受信アンテナ4-1～4-Mの間隔、 θ は、送受信アンテナ4-1～4-Mに対する目標の角度である。

[0068] 信号処理条件決定部11の動作は、実施の形態1と同様であるため、説明を省略する。

パルス圧縮部21は、データ格納部6から受信データ $s_{r_0}(n, h, m)$ 及び参照データ $s_{ref}(n, h, m)$ を取得する。

パルス圧縮部21は、レンジ窓関数選択部13aからレンジ窓関数 w_r を受けると、以下の式(29)に示すように、受信データ $s_{r_0}(n, h, m)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算する。

$$S_r(n, h, m) = w_r S_{r_0}(n, h, m) \quad (29)$$

パルス圧縮部21は、レンジ窓関数選択部13aからレンジ窓関数 w_r を乗算しない旨の通知を受けているときは、以下の式(30)に示すように、受信データ $s_{r_0}(n, h, m)$ にレンジ窓関数 w_r を乗算しない。

$$S_r(n, h, m) = S_{r_0}(n, h, m) \quad (30)$$

[0069] 次に、パルス圧縮部21は、以下の式(31)に示すように、受信データ $s_r(n, h, m)$ に参照データ $s_{ref}(n, h, m)$ を時間領域で畳み込み積分を行うことで、受信データ $s_r(n, h, m)$ のパルス圧縮を実施する。

$$S_{rfm}(n, h, m) = S_r(n, h, m) * S_{ref}(n, h, m) \quad (31)$$

パルス圧縮部 2 1 は、パルス圧縮後の受信データ $s_{rfm}(n, h, m)$ をマップ作成部 2 2 に出力する。

[0070] ここでは、パルス圧縮部 2 1 が、受信データ $s_r(n, h, m)$ に参照データ $s_{ref}(n, h, m)$ を時間領域で畳み込み積分を行うことで、受信データ $s_r(n, h, m)$ をパルス圧縮している。しかし、これは一例に過ぎず、パルス圧縮部 2 1 が、以下に示す方法で、受信データ $s_r(n, h, m)$ のパルス圧縮を実施するようにしてもよい。

即ち、パルス圧縮部 2 1 は、受信データ $s_r(n, h, m)$ 及び参照データ $s_{ref}(n, h, m)$ のそれぞれを周波数領域の信号に変換する。

次に、パルス圧縮部 2 1 は、受信データ $s_r(n, h, m)$ の周波数領域信号と、参照データ $s_{ref}(n, h, m)$ の周波数領域信号とを複素乗算することで、チャープ成分を除去する。

そして、パルス圧縮部 2 1 は、複素乗算した信号を時間領域の信号に変換することで、パルス圧縮後の受信データ $s_{rfm}(n, h, m)$ を得る。

[0071] マップ作成部 2 2 は、ドップラー窓関数選択部 1 3 b からドップラー窓関数 w_{dop} を受けると、以下の式 (3 2) に示すように、パルス圧縮部 2 1 から出力されたパルス圧縮後の受信データ $s_{rfm}(n, h, m)$ にドップラー窓関数 w_{dop} を乗算する。

$$S_{rfm,w}(n, h, m) = w_{dop} S_{rfm}(n, h, m) \quad (3 2)$$

マップ作成部 2 2 は、ドップラー窓関数選択部 1 3 b からドップラー窓関数 w_{dop} を乗算しない旨の通知を受けているときは、以下の式 (3 3) に示すように、受信データ $s_{rfm}(n, h, m)$ にドップラー窓関数 w_{dop} を乗算しない。

$$S_{rfm,w}(n, h, m) = S_{rfm}(n, h, m) \quad (3 3)$$

[0072] 次に、マップ作成部 2 2 は、以下の式 (3 4) に示すように、受信データ $s_{rfm,w}(n, h, m)$ をヒット方向の周波数領域に変換することで、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k, m)$ を作成する。

$$S_{2D}(n, k, m) = \sum_{h=0}^{H_{fft}} S_{rfm}(n, h, m) \exp\left(-j2\pi \frac{h}{H_{fft}} k\right) \quad (34)$$

$(k = 0, 1, \dots, H_{fft} - 1)$

なお、受信データ $s_{rfm, w}(n, h, m)$ をヒット方向の周波数領域に変換する方法としては、受信データ $s_{rfm, w}(n, h, m)$ をヒット方向に高速フーリエ変換する方法が考えられる。

また、受信データ $s_{rfm, w}(n, h, m)$ をヒット方向に離散フーリエ変換する方法又は受信データ $s_{rfm, w}(n, h, m)$ をヒット方向にチャープ z 変換する方法が考えられる。

マップ作成部 22 は、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k, m)$ を目標検出部 23 に出力する。

[0073] クラッタ抑圧処理部 23 a は、マップ作成部 22 からレンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k, m)$ を受けると、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k, m)$ に対して、方向決定部 14 により決定された方向に CFAR 処理を実施することで、クラッタを抑圧する。

クラッタ抑圧処理部 23 a は、CFAR 処理後のレンジドップラーマップ $s_{2D, CFAR}(n, k, m)$ をピーク検出処理部 23 b に出力する。

[0074] ピーク検出処理部 23 b は、クラッタ抑圧処理部 23 a からレンジドップラーマップ $s_{2D, CFAR}(n, k, m)$ を受けると、複数の目標の検出処理として、レンジドップラーマップ $s_{2D, CFAR}(n, k, m)$ に含まれているピーク値の検出処理を実施する。

ピーク検出処理部 23 b は、複数の目標を検出すると、複数の目標のそれぞれの位相を抽出し、それぞれの位相を測角部 24 に出力する。

[0075] 測角部 24 は、ピーク検出処理部 23 b から複数の目標の位相を受けると、複数の目標の位相を用いて、モノパルス測角方式などの測角処理を実施することで、複数の目標を測角する。

測角部 24 は、複数の目標の測角値を射出装置 100 に出力する。

[0076] 以下、測角部 24 によるモノパルス測角方式の測角処理を具体的に説明す

る。

測角部 24 は、モノパルス測角方式の測角処理を実施する場合、以下の式 (35) に示す和信号 Σ と、以下の式 (36) に示す差信号 Δ とを用いて、以下の式 (37) に示す角度誤差電圧 ε を算出する。

$$\begin{aligned}
 [0077] \quad \Sigma &= G_i + U_i \\
 &= G_i(1 + e^{-j\Psi}) \\
 &= G_i \left(e^{j\frac{\Psi}{2}} + e^{-j\frac{\Psi}{2}} \right) e^{-j\frac{\Psi}{2}} \\
 &= 2G_i \cos\left(\frac{\Psi}{2}\right) e^{-j\frac{\Psi}{2}}
 \end{aligned} \tag{35}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta &= G_i - U_i \\
 &= G_i(1 - e^{-j\Psi}) \\
 &= G_i \left(e^{j\frac{\Psi}{2}} - e^{-j\frac{\Psi}{2}} \right) e^{-j\frac{\Psi}{2}} \\
 &= 2jG_i \sin\left(\frac{\Psi}{2}\right) e^{-j\frac{\Psi}{2}}
 \end{aligned} \tag{36}$$

$$\varepsilon = \frac{-j\Delta}{\Sigma} = \frac{2G_i \sin\left(\frac{\Psi}{2}\right) e^{-j\frac{\Psi}{2}}}{2U_i \cos\left(\frac{\Psi}{2}\right) e^{-j\frac{\Psi}{2}}} = \tan\left(\frac{\Psi}{2}\right) \tag{37}$$

[0078] 式 (35) ～式 (37) において、 G_i は、送受信アンテナ 4-1 ～ 4-M のうちの 1 つの送受信アンテナの受信 RF 信号についてのレンジドップラーマップにおける i 番目の目標信号である。例えば、1 つの送受信アンテナが、送受信アンテナ 4-m であれば、 G_i は、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k, m)$ における i 番目の目標信号である。

U_i は、送受信アンテナ 4-1 ～ 4-M のうちの他の 1 つの送受信アンテナの受信 RF 信号についてのレンジドップラーマップにおける i 番目の目標信号である。例えば、他の 1 つの送受信アンテナが、送受信アンテナ 4-(m+1) であれば、 G_i は、レンジドップラーマップ $s_{2D}(n, k, m+1)$ における i 番目の目標信号である。

Ψ は、目標信号 G_i と目標信号 U_i との位相差である。

[0079] 位相差 Ψ は、以下の式 (38) のように表される。

$$\Psi = -\frac{2\pi}{\lambda} x \cdot \sin \theta_i \quad (38)$$

式(38)において、 x は、目標信号 G_i と目標信号 U_i との位相中心距離、 θ_i は、目標の角度である。

[0080] 式(37)及び式(38)より、目標の角度 θ_i は、以下の式(39)のよう表される。

$$\begin{aligned} \theta_i &= \sin^{-1} \left(-\frac{\Psi}{2\pi x} \right) \\ &= \sin^{-1} \left(-\tan^{-1} \left(\frac{-j\Delta}{\Sigma} \right) \frac{\lambda}{\pi x} \right) \end{aligned} \quad (39)$$

測角部24は、複数の目標の測角値として、式(39)を用いて、複数の目標の角度 θ_i を算出する。

[0081] 測角部24は、複数の目標の角度 θ_i を算出すると、以下の式(40)に示すように、複数の目標の角度 θ_i の平均値 θ バーを算出する。明細書の文書中では、電子出願の関係上、文字の上に“ $\bar{}$ ”の記号を付することができないため、「 θ バー」のように表記している。

$$\begin{aligned} \bar{\theta} &= \frac{1}{N_\theta} \sum_{n_\theta=1}^{N_\theta} \theta_i \\ (n_\theta &= 1, 2, \dots, N_\theta) \end{aligned} \quad (40)$$

式(40)において、 n_θ は、複数の目標の測角値番号、 N_θ は、複数の目標の測角値の個数である。

[0082] 測角部24が複数の目標の測角値の平均値 θ バーを算出することで、複数の目標の測角値の分散値 σ_θ^2 は、以下の式(41)のよう表される。

$$\sigma_\theta^2 = \frac{1}{N_\theta} \sum_{n_\theta=1}^{N_\theta} (\theta_i - \bar{\theta})^2 \quad (41)$$

また、測角部24が複数の目標の測角値の平均値 θ バーを算出することで、複数の目標の測角値の標準偏差 σ_θ は、以下の式(42)のよう表される

。

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{\frac{1}{N_{\theta}} \sum_{n_{\theta}=1}^{N_{\theta}} (\theta_i - \bar{\theta})^2} \quad (42)$$

[0083] 測角部 24 が複数の目標の測角値の平均値 $\bar{\theta}$ を算出することで、分散値 σ_{θ}^2 が小さくなり、複数の目標の測角値のばらつきが小さくなるため、測角性能が向上する。

測角部 24 は、複数の目標の測角値の平均値 $\bar{\theta}$ を射出装置 100 に出力する。

射出装置 100 は、測角部 24 から測角値の平均値 $\bar{\theta}$ を受けると、例えば、測角値の平均値 $\bar{\theta}$ と、複数の目標の射出角度との差分を算出する。

そして、射出装置 100 は、算出した差分に基づいて、複数の目標の射出角度を補正する。

[0084] 以上の実施の形態 2 は、目標検出部 23 により抽出された位相から、複数の目標を測角する測角部 24 を備えるように、レーダ装置を構成した。したがって、実施の形態 2 のレーダ装置は、誤検出を招くことなく、検出された目標を測角することができる。

[0085] なお、本願発明はその発明の範囲内において、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

産業上の利用可能性

[0086] この発明は、目標を検出する目標検出装置及びレーダ装置に関するものである。

また、この発明は、目標を測角する測角装置に適している。

符号の説明

[0087] 1 送受信部、2 送信部、2 a 発振器、2 b パルス変調器、2 c

送信機、3, 3-1~3-M 送受切替器、4, 4-1~4-M 送受信アンテナ、5 受信部、5a 受信機、5b A/D変換器、6 データ格納部、10 目標検出装置、11 信号処理条件決定部、12 相対値算出部、13 窓関数選択部、13a レンジ窓関数選択部、13b ドップラー窓関数選択部、14 方向決定部、20 信号処理部、21 パルス圧縮部、22 マップ作成部、23 目標検出部、23a クラッタ抑圧処理部、23b ピーク検出処理部、24 測角部、31 相関値算出回路、32 窓関数選択回路、33 方向決定回路、34 パルス圧縮回路、35 マップ作成回路、36 目標検出回路、37 測角回路、41 メモリ、42 プロセッサ、50 送受信部、60 測角装置、100 射出装置。

請求の範囲

- [請求項1] 複数の目標に反射された電磁波の受信信号から、前記複数の目標までの距離と前記複数の目標のドップラー周波数とを示すレンジドップラーマップを作成するマップ作成部と、
- 前記複数の目標の間の相対距離と前記複数の目標の間の相対ドップラー周波数とに基づいて、前記レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部と、
- 前記マップ作成部により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を前記方向決定部により決定された方向に実施することで、前記レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧し、クラッタ抑圧後のレンジドップラーマップから、前記複数の目標を検出する目標検出部と
- を備えた目標検出装置。
- [請求項2] 前記目標検出部は、
- 前記方向決定部により決定された方向がレンジ方向であれば、前記レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理をレンジ方向に実施することで、前記レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧し、
- 前記方向決定部により決定された方向がドップラー周波数方向であれば、前記レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理をドップラー周波数方向に実施することで、前記レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧することを特徴とする請求項1記載の目標検出装置。
- [請求項3] 複数のレンジ窓関数の中から、前記相対距離に対応するレンジ窓関数を選択し、複数のドップラー窓関数の中から、前記相対ドップラー周波数に対応するドップラー窓関数を選択する窓関数選択部と、
- 前記複数の目標に反射された電磁波の受信信号に前記窓関数選択部により選択されたレンジ窓関数を乗算し、レンジ窓関数乗算後の受信

信号のパルス圧縮を行うパルス圧縮部とを備え、

前記マップ作成部は、前記パルス圧縮部によりパルス圧縮された受信信号に前記窓関数選択部により選択されたドップラー窓関数を乗算し、ドップラー窓関数乗算後の受信信号から、前記レンジドップラーマップを作成することを特徴とする請求項1記載の目標検出装置。

[請求項4] 前記複数の目標を射出する射出装置における前記複数の目標の射出条件から、前記相対距離及び前記相対ドップラー周波数のそれぞれを算出する相対値算出部を備えたことを特徴とする請求項1記載の目標検出装置。

[請求項5] 前記窓関数選択部は、前記複数のレンジ窓関数の中から、前記相対距離が大きいほど、前記レンジ窓関数乗算後の受信信号におけるメインローブの広がりが大きくなるレンジ窓関数を選択することを特徴とする請求項1記載の目標検出装置。

[請求項6] 前記窓関数選択部は、前記複数のドップラー窓関数の中から、前記相対ドップラー周波数が大きいほど、前記ドップラー窓関数乗算後の受信信号におけるメインローブの広がりが大きくなるドップラー窓関数を選択することを特徴とする請求項1記載の目標検出装置。

[請求項7] 前記マップ作成部は、前記ドップラー窓関数乗算後の受信信号をヒット方向の周波数領域に変換することで、前記レンジドップラーマップを作成することを特徴とする請求項3記載の目標検出装置。

[請求項8] 前記マップ作成部は、前記ドップラー窓関数乗算後の受信信号をヒット方向に高速フーリエ変換することで、当該受信信号をヒット方向の周波数領域に変換することを特徴とする請求項7記載の目標検出装置。

[請求項9] 前記マップ作成部は、前記ドップラー窓関数乗算後の受信信号をヒット方向に離散フーリエ変換することで、当該受信信号をヒット方向の周波数領域に変換することを特徴とする請求項7記載の目標検出装置。

[請求項10] 前記マップ作成部は、前記ドップラー窓関数乗算後の受信信号をヒット方向にチャープ z 変換することで、当該受信信号をヒット方向の周波数領域に変換することを特徴とする請求項7記載の目標検出装置。

[請求項11] 複数の目標に反射された電磁波の受信信号から、前記複数の目標までの距離と前記複数の目標のドップラー周波数とを示すレンジドップラーマップを作成するマップ作成部と、

前記複数の目標の間の相対距離と前記複数の目標の間の相対ドップラー周波数とに基づいて、前記レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部と、

前記マップ作成部により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を前記方向決定部により決定された方向に実施することで、前記レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧し、クラッタ抑圧後のレンジドップラーマップから、前記複数の目標を検出して、前記複数の目標のそれぞれの位相を抽出する目標検出部と、

前記目標検出部により抽出された位相から、前記複数の目標を測角する測角部と

を備えた測角装置。

[請求項12] 前記測角部は、前記複数の目標の測角値の平均値を算出することを特徴とする請求項11記載の測角装置。

[請求項13] 電磁波を複数の目標に向けて放射したのち、前記複数の目標に反射されて戻ってきた前記電磁波を受信し、前記電磁波の受信信号を出力する送受信部と、

前記送受信部から出力された受信信号から、前記複数の目標までの距離と前記複数の目標のドップラー周波数とを示すレンジドップラーマップを作成するマップ作成部と、

前記複数の目標の間の相対距離と前記複数の目標の間の相対ドップ

ラー周波数とに基づいて、前記レンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理の実施方向を決定する方向決定部と、

前記マップ作成部により作成されたレンジドップラーマップに対する一定誤警報率処理を前記方向決定部により決定された方向に実施することで、前記レンジドップラーマップに含まれているクラッタを抑圧し、クラッタ抑圧後のレンジドップラーマップから、前記複数の目標を検出する目標検出部と

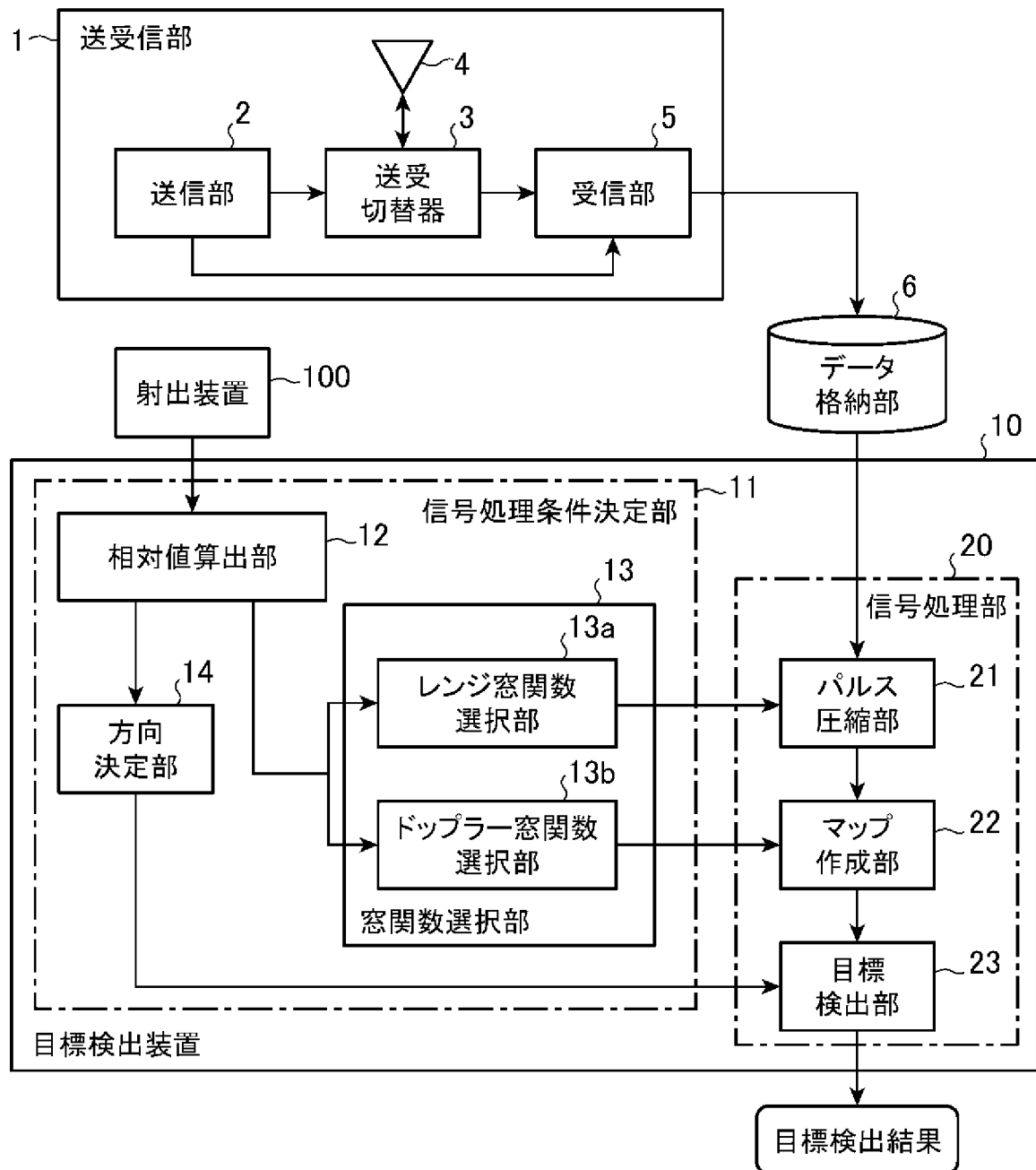
を備えたレーダ装置。

[請求項14]

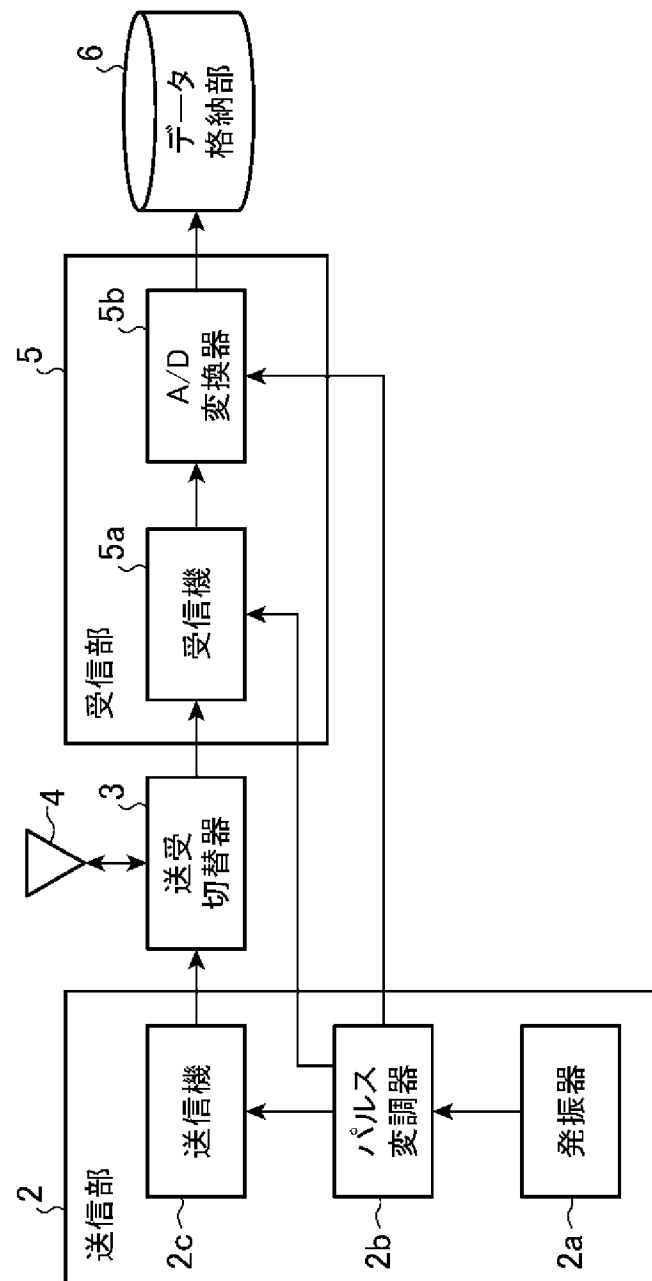
前記目標検出部は、前記複数の目標のそれぞれの位相を抽出し、

前記目標検出部により抽出された位相から、前記複数の目標を測角する測角部を備えたことを特徴とする請求項13記載のレーダ装置。

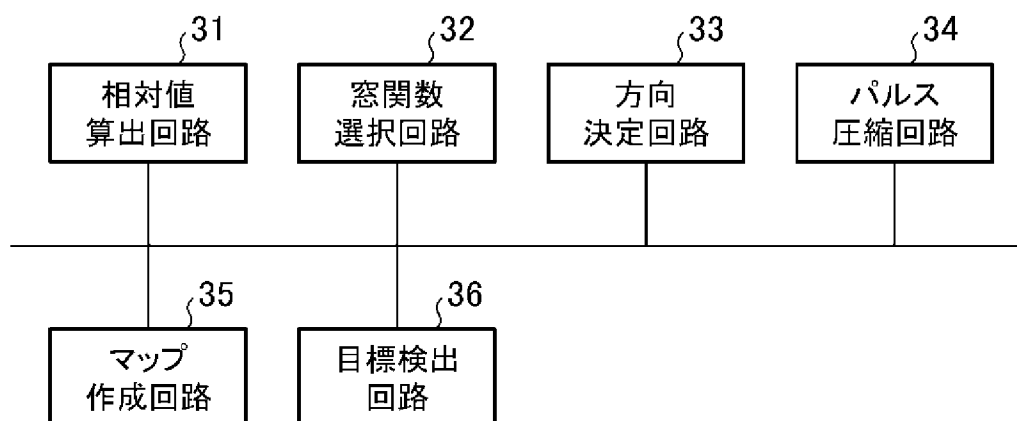
[図1]



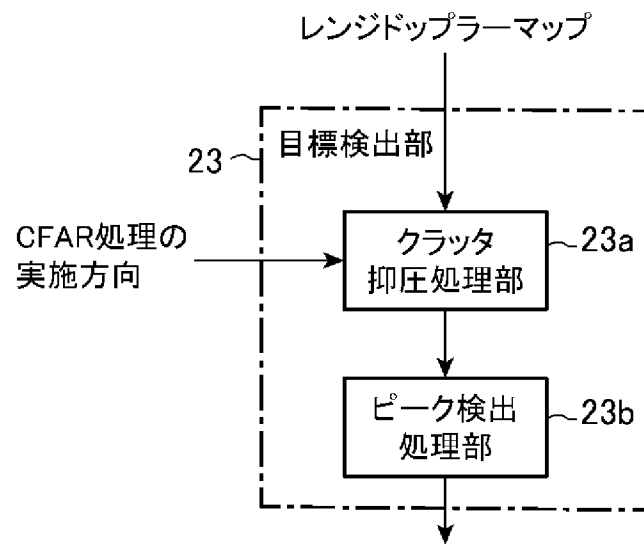
[図2]



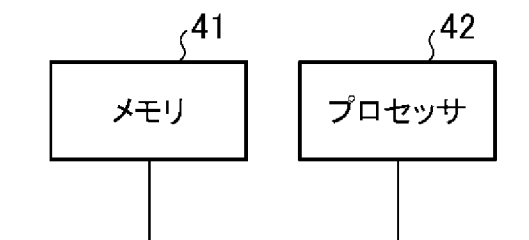
[図3]



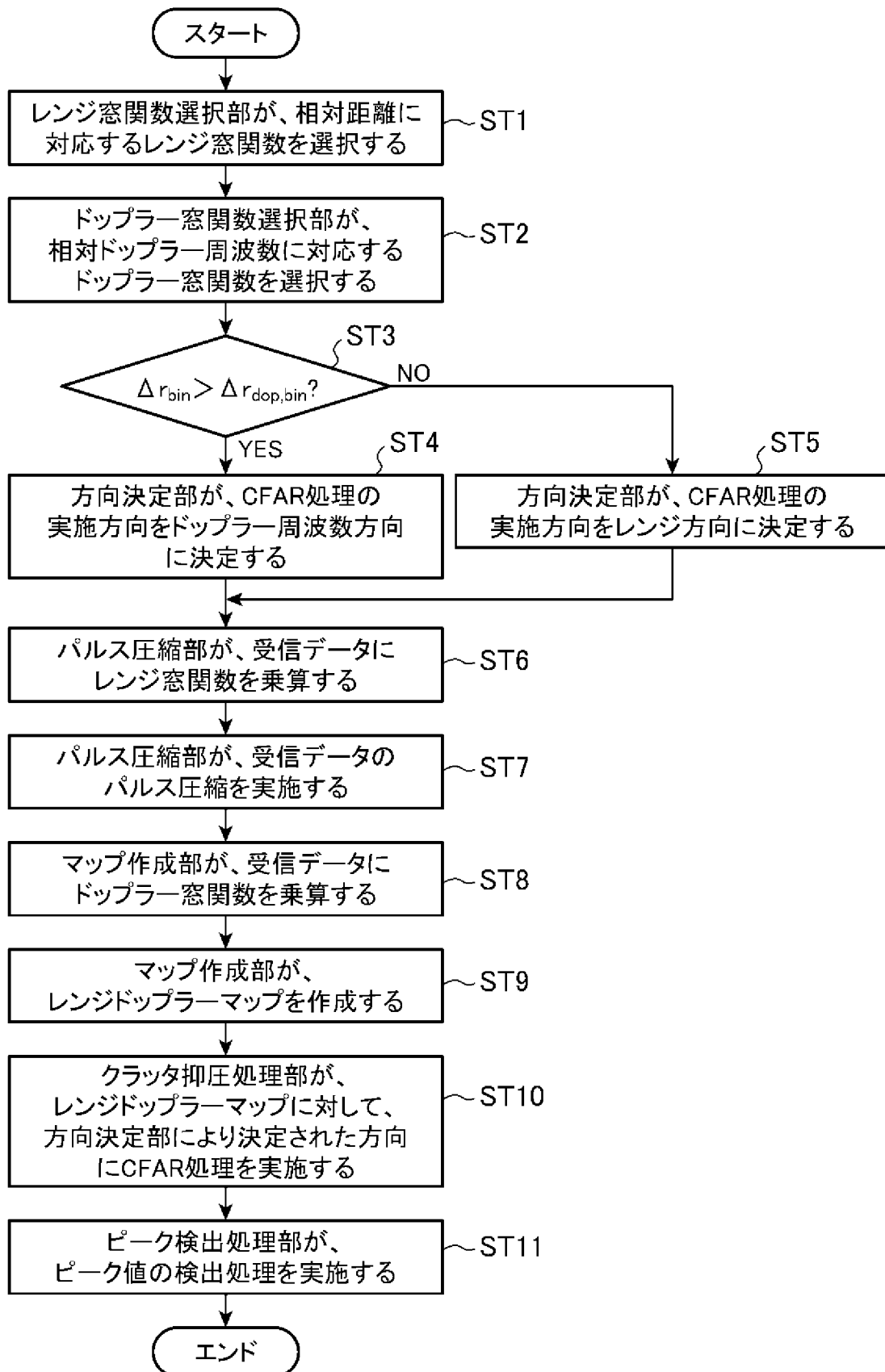
[図4]



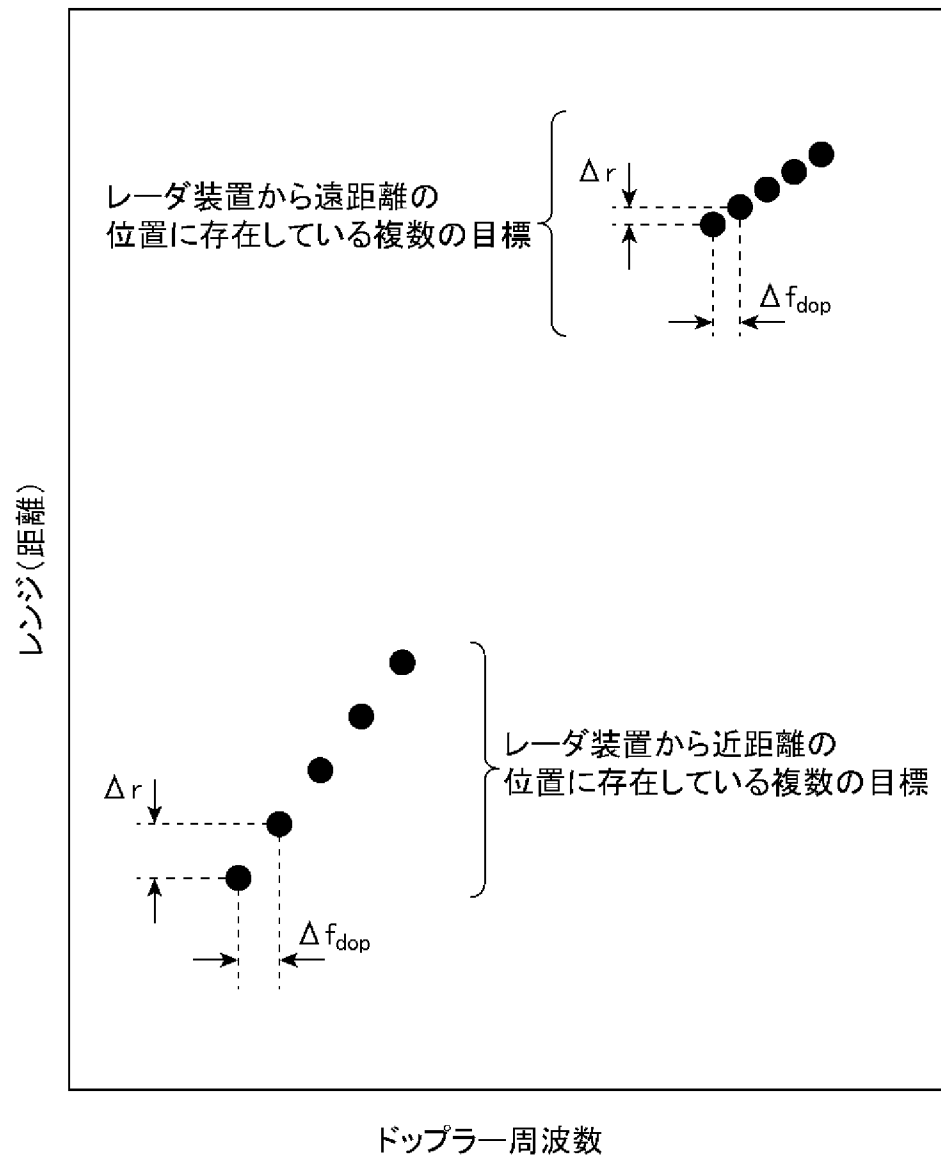
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

図8A

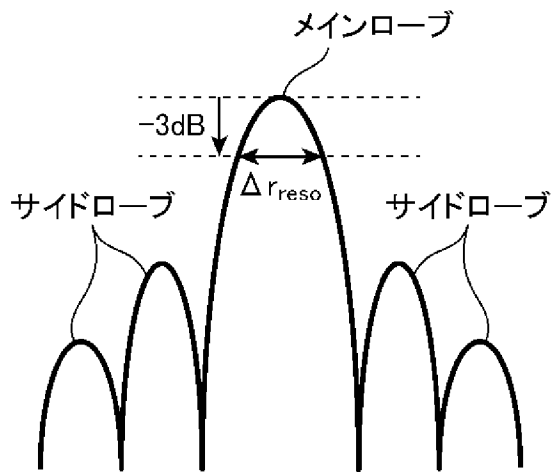
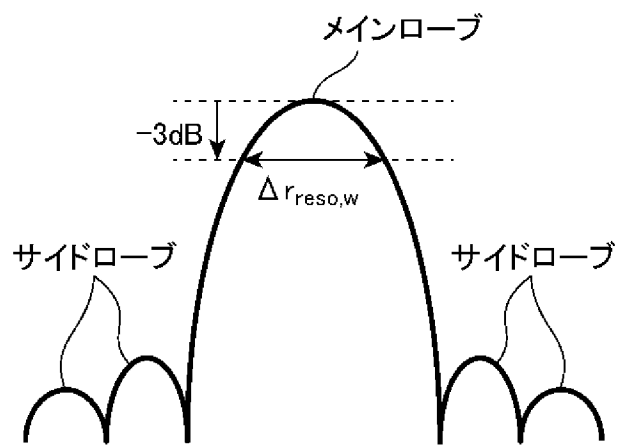


図8B

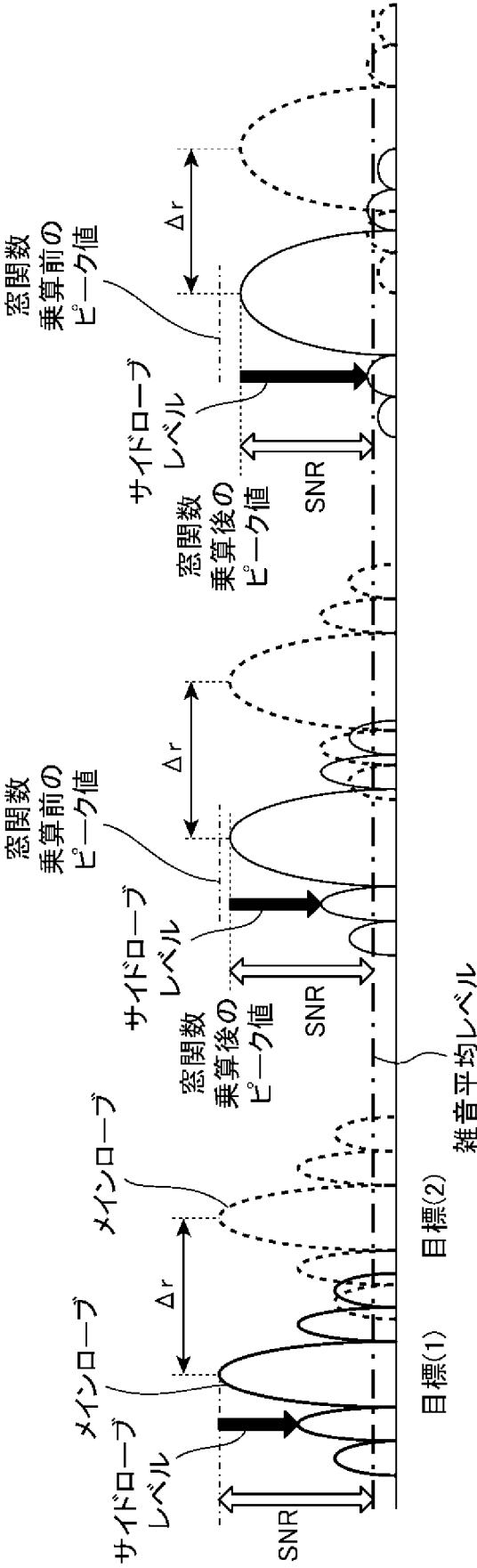


[図9]

図9A

図9B

図9C

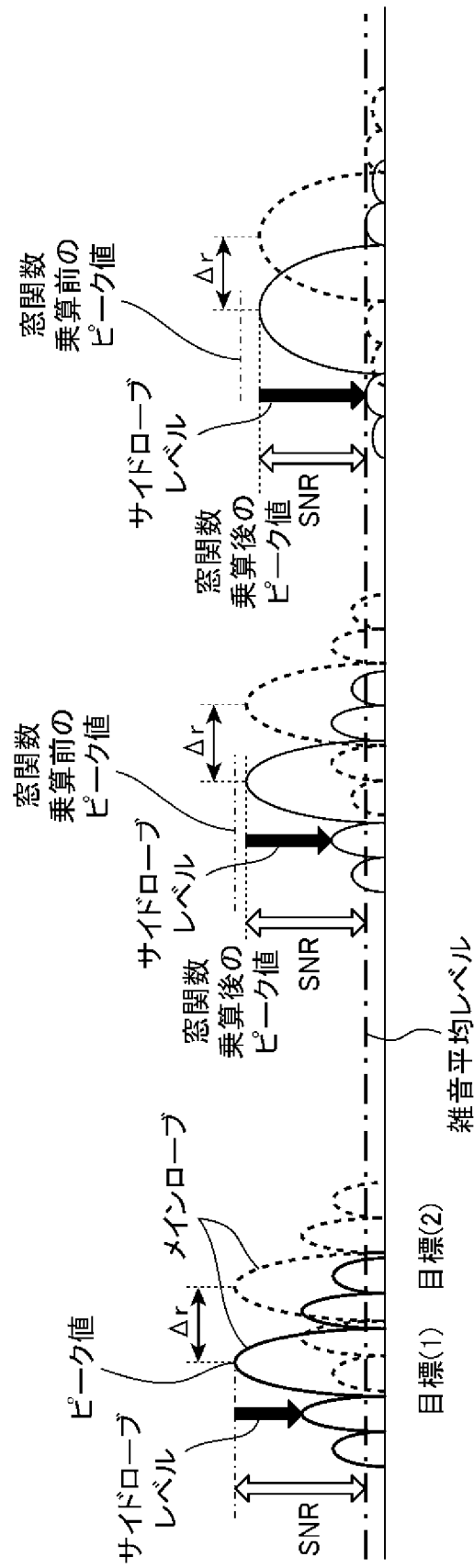


[図10]

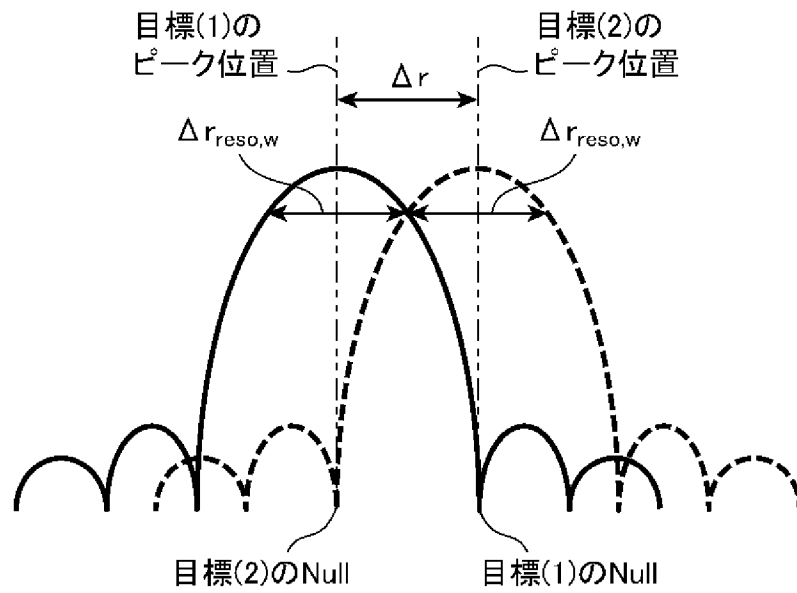
図10A

図10B

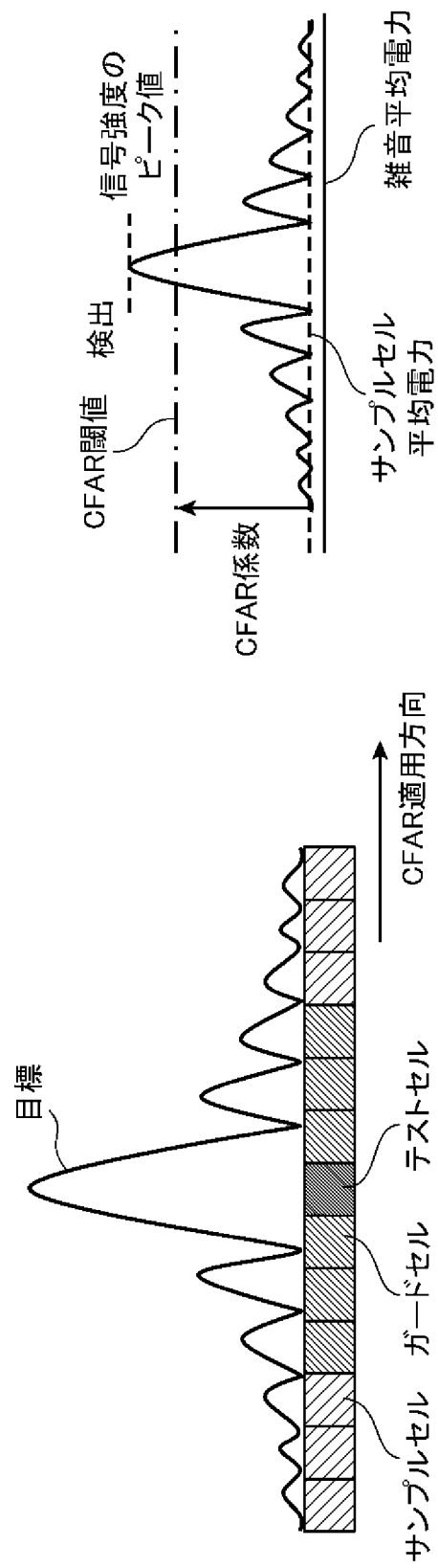
図10C



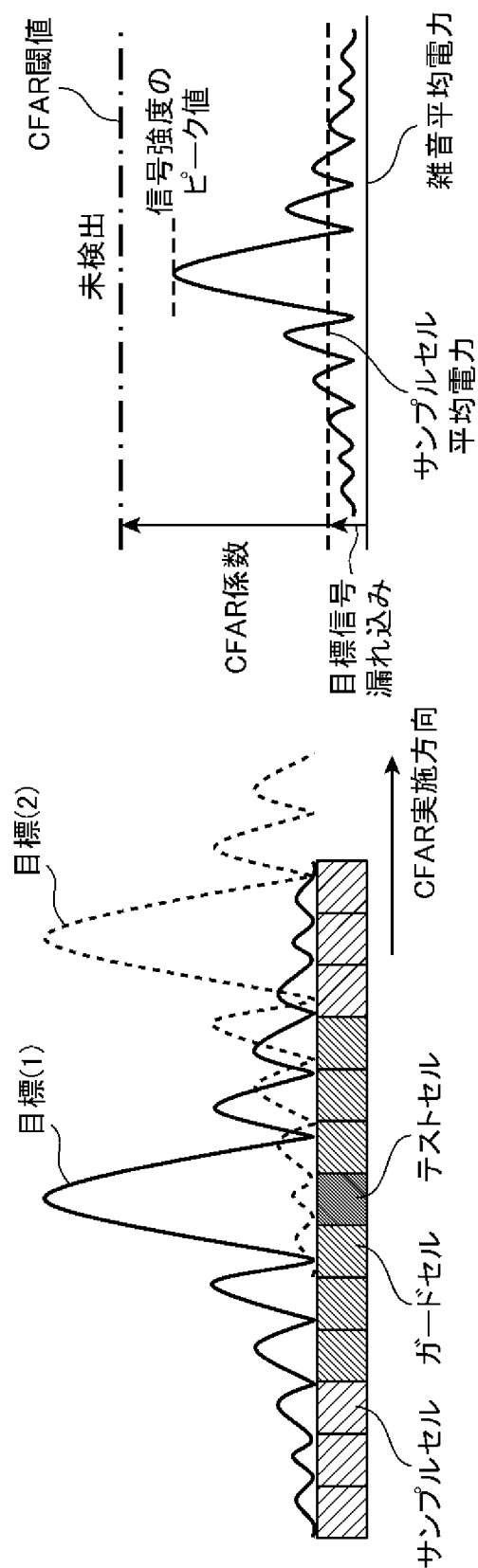
[図11]



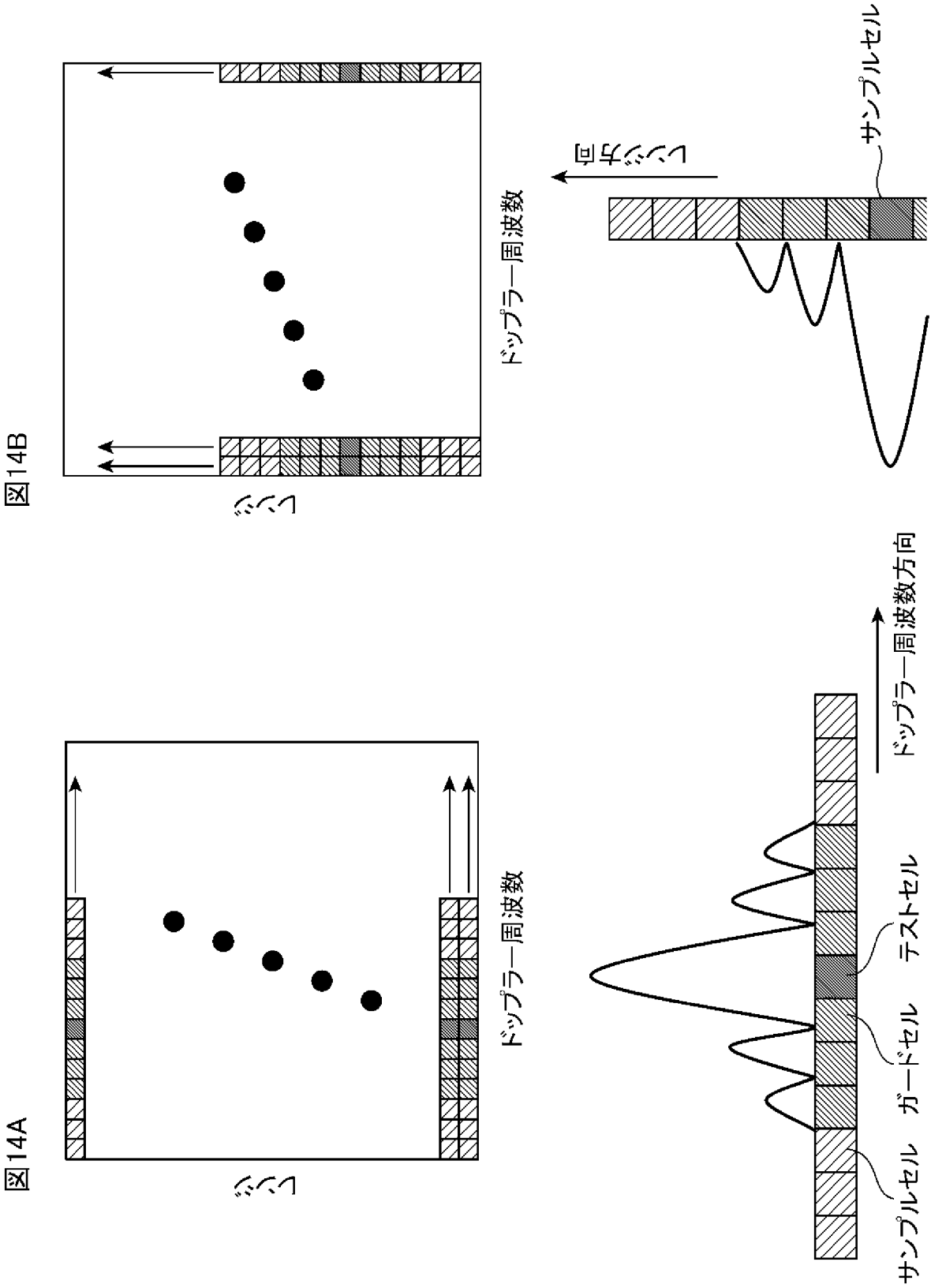
[図12]



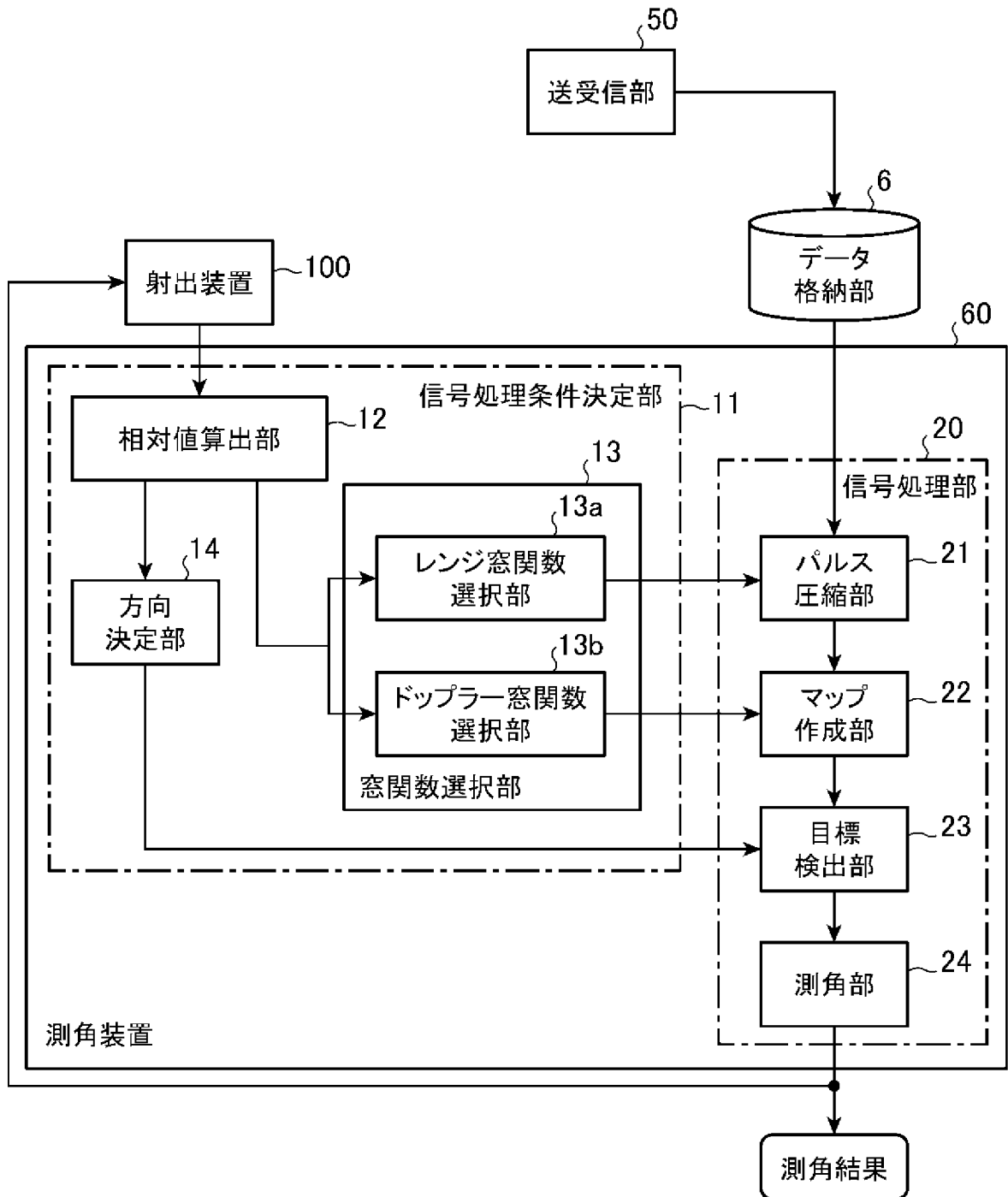
[図13]



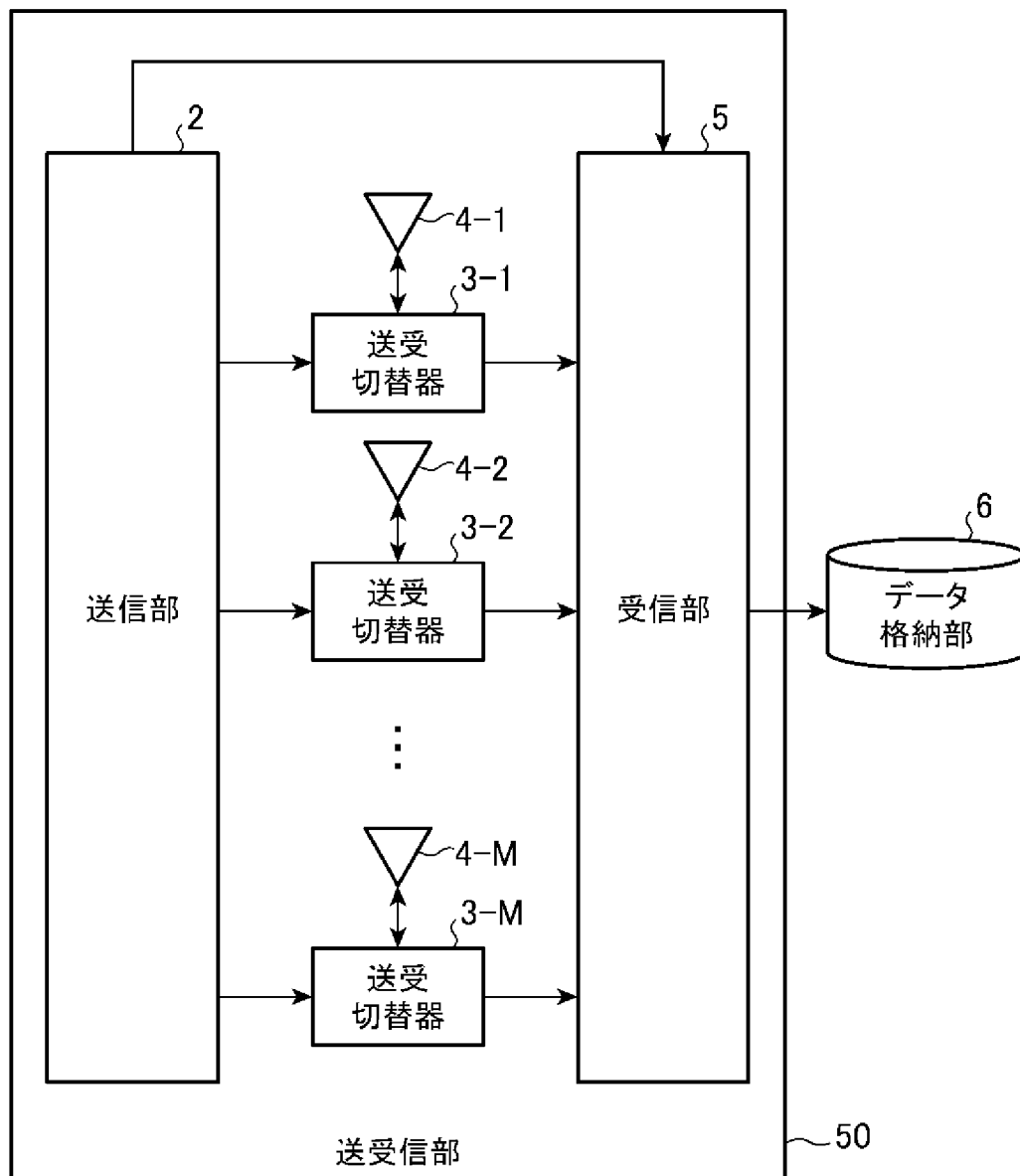
[図14]



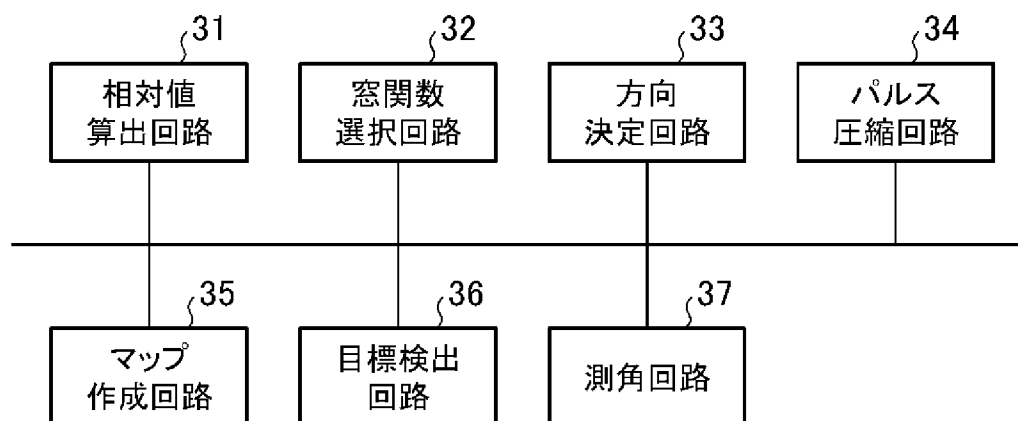
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/024679

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01S7/32 (2006.01) i, G01S13/28 (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)

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

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
A	JP 2011-122839 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 23 June 2011, paragraphs [0039]-[0041], fig. 4 (Family: none)	1-14
A	JP 2017-53685 A (TOSHIBA CORP.) 16 March 2017, paragraphs [0032]-[0035], fig. 8 (Family: none)	1-14
A	US 9746549 B1 (ALTERA CORP.) 29 August 2017, column 6, line 38 to column 7, line 13, fig. 5 (Family: none)	1-14

☒ 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
18.09.2018

Date of mailing of the international search report
02.10.2018

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/JP2018/024679

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/0113647 A1 (L-3 COMMUNICATIONS CYTERRA CORP.) 09 May 2013, paragraphs [0223], [0224], fig. 19 & US 2015/0301167 A1 & US 2015/0309166 A1 & US 9229102 B1 & WO 2011/075639 A1 & EP 2513666 A1 & EP 2947476 A1	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01S7/32(2006.01)i, G01S13/28(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. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
A	JP 2011-122839 A（三菱電機株式会社） 2011.06.23, 段落 [0039]-[0041], 図 4 (ファミリーなし)	1-14
A	JP 2017-53685 A（株式会社東芝） 2017.03.16, 段落 [0032]-[0035], 図 8 (ファミリーなし)	1-14

☒ 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

18.09.2018

国際調査報告の発送日

02.10.2018

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）

藤田 都志行

2S

3014

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	US 9746549 B1 (ALTERA CORP.) 2017.08.29, 第 6 欄第 38 行 - 第 7 欄第 13 行, 図 5 (ファミリーなし)	1-14
A	US 2013/0113647 A1 (L-3 COMMUNICATIONS CYTERRA CORP.) 2013.05.09, 段落 [0223]-[0224], 図 19 & US 2015/0301167 A1 & US 2015/0309166 A1 & US 9229102 B1 & WO 2011/075639 A1 & EP 2513666 A1 & EP 2947476 A1	1-14