

(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
2023年12月7日(07.12.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/233643 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/87 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/022574
- (22) 国際出願日: 2022年6月3日(03.06.2022)
- (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).
- (72) 発明者: 福島 冬樹 (FUKUSHIMA, Fuyuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7

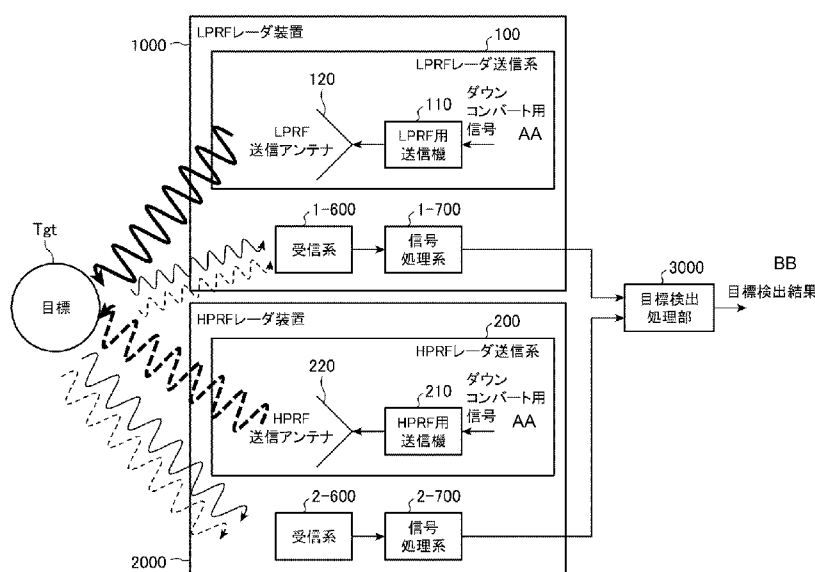
番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 影目 聡(KAGEME, Satoshi); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 諏訪 啓(SUWA, Kei); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人山王内外特許事務所(SANNO PATENT ATTORNEYS OFFICE); 〒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).

(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,

(54) Title: RADAR APPARATUS

(54) 発明の名称: レーダ装置



1-600, 2-600 Reception system
1-700, 2-700 Signal processing system
100 LPRF radar transmission system
110 Transmitter for LPRF
120 LPRF transmission antenna
200 HPRF radar transmission system
210 Transmitter for HPRF
220 HPRF transmission antenna
1000 LPRF radar device
2000 HPRF radar device
3000 Target-detection processing unit
Tgt Target
AA Signal for down-conversion
BB Target detection result

(57) Abstract: A radar apparatus according to the present invention is provided with: an LPRF radar device (1000) that radiates an LPRF radio wave toward the atmosphere and that receives a reflected wave reflected by a target; and an HPRF radar device (2000) that radiates an HPRF radio wave toward the atmosphere and that receives a reflected wave reflected by the target. The LPRF radar device (1000) and the HPRF radar device (2000) include signal processing systems (700) having an LPRF system and an HPRF system, respectively. The radar apparatus is further provided with a target-detection processing unit (3000) that detects the position and velocity of the target on the basis of information transmitted from the signal processing system (1-700) included in the LPRF radar device (1000) and information transmitted from the signal processing system (2-700) included in the HPRF radar device (2000).

EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU,
ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, 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,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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, SC, 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))

(57) 要約: 本開示技術に係るレーダ装置は、L P R Fの電波を大気に向けて照射し、ターゲットで反射した反射波を受信するL P R Fレーダ装置(1000)と、H P R Fの電波を大気に向けて照射し、ターゲットで反射した反射波を受信するH P R Fレーダ装置(2000)と、を備え、L P R Fレーダ装置(1000)及びH P R Fレーダ装置(2000)は、それぞれ、L P R F系統とH P R F系統とを有する信号処理系(700)を含み、L P R Fレーダ装置(1000)が有する信号処理系(1-700)から送られる情報と、H P R Fレーダ装置(2000)が有する信号処理系(2-700)から送られる情報と、に基づいて、ターゲットの位置及び速度を検出する目標検出処理部(3000)をさらに備える。

明 細 書

発明の名称：レーダ装置

技術分野

[0001] 本開示技術はレーダ装置に関する。

背景技術

[0002] レーダ装置の技術分野において、検知率を向上させ、誤検知率を低下させる技術が知られている。例えば、特許文献1には、レンジ及び速度の測定の際に、パルス列に対して符号化した信号により変調した信号を送信し、受信した信号に対して、複数の速度毎の参照信号により相関処理し、相関出力が所定のスレッシュホールドを超える参照信号の速度と、相関結果による位置を距離出力とするものが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-182010号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 対象であるターゲットの検出において、複数のレーダ装置を連携させることが考えられる。特に、それぞれのレーダ装置で発生される電波が異なるPRFである、そういった複数のレーダ装置を連携させれば、或る1つのPRFの電波を用いてターゲットの検出を行うよりも、多様な情報に基づいたノイズに強いターゲット（T g t）検出が期待できる。しかし、複数のレーダ装置をどのように連携させればよいかについて開示した文献は、発明者が知る限り、まだない。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示技術に係るレーダ装置は、LPRFの電波を大気に向けて照射し、ターゲットで反射した反射波を受信するLPRFレーダ装置と、HPRFの電波を大気に向けて照射し、ターゲットで反射した反射波を受信するHPR

Fレーダ装置と、を備え、L P R Fレーダ装置及びH P R Fレーダ装置は、それぞれ、L P R F系統とH P R F系統とを有する信号処理系を含み、L P R Fレーダ装置が有する信号処理系から送られる情報と、H P R Fレーダ装置が有する信号処理系から送られる情報と、に基づいて、ターゲットの位置及び速度を検出する目標検出処理部をさらに備える。

発明の効果

[0006] 本開示技術に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、それぞれのレーダ装置で発生される電波が異なるP R Fである、そういった複数のレーダ装置を連携させることができる。この作用のため、本開示技術に係るレーダ装置は、或る1つのP R Fの電波を用いてターゲットの検出を行うよりも、多様な情報に基づいたノイズに強いターゲット（T g t）を検出することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、本開示技術に係るレーダ装置の機能構成を例示するブロック図である。

[図2]図2は、本開示技術に係るレーダ装置に採用される受信系600の機能構成を例示するブロック図である。

[図3]図3は、本開示技術に係るレーダ装置に採用される信号処理系700の機能構成を例示するブロック図である。

[図4]図4は、実施の形態1に係るレーダ装置における積分処理部760の態様を示す説明図である。

[図5]図5は、アジマス角とエレベーション角とを説明する説明図である。

[図6]図6は、実施の形態1に係るレーダ装置における距離速度マップ生成部740-1の処理内容を示す説明図である。

[図7]図7は、実施の形態1に係るレーダ装置における距離速度マップ生成部740-2の処理内容を示す説明図である。

[図8]図8は、実施の形態1に係るレーダ装置における補間処理部750の処理内容である速度軸補正を示す説明図である。

[図9]図9は、実施の形態1に係るレーダ装置における補間処理部750の処理内容である距離軸補正を示す説明図である。

[図10]図10は、本開示技術に係るレーダ装置により得られる距離速度マップの一例である。

[図11]図11は、実施の形態1に係るレーダ装置における目標検出処理部3000が実施するグループ化の処理手順を示したフローチャートである。

[図12]図12は、実施の形態1に係るレーダ装置における目標検出処理部3000が実施するグループ化の処理手順を示した説明図である。

[図13]図13は、実施の形態2に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。

[図14]図14は、実施の形態3に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。

[図15]図15は、実施の形態3に係るレーダ装置におけるパルス圧縮部730（730-F）の詳細な機能構成を示すブロック図である。

[図16]図16は、実施の形態4に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図その1である。

[図17]図17は、実施の形態4に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図その2である。

[図18]図18は、実施の形態5に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。

[図19]図19は、実施の形態5に係るレーダ装置における積分処理部760の詳細な機能構成を示すブロック図である。

[図20]図20は、実施の形態5に係るレーダ装置が複数のCPIに渡って送受信する様子を表した時系列の説明図である。

[図21]図21は、実施の形態6に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。

[図22]図22は、実施の形態6に係るレーダ装置が、アンビギュイティ範囲を設定している様子を説明する距離速度マップである。

発明を実施するための形態

[0008] 実施の形態 1.

図1は、本開示技術に係るレーダ装置の機能構成を例示するブロック図である。図1に示されるとおり本開示技術に係るレーダ装置は、LPRFレーダ装置1000と、HPRFレーダ装置2000と、目標検出処理部3000と、から構成される。LPRFは、Low Pulse Repetition Frequencyを意味する。LPRFは、距離アンビギュイティが少ないため、ターゲット(Tgt)の距離を観測することに適している。またHPRFは、High Pulse Repetition Frequencyを意味する。HPRFは、速度アンビギュイティが少ないため、ターゲット(Tgt)の速度を観測することに適している。

LPRFレーダ装置1000は、LPRFレーダ送信系100と、受信系600と、信号処理系700と、の3つの系統を備える。図1において、LPRFレーダ装置1000における受信系600及び信号処理系700は、それぞれ符号の前に「1-」が付加されている。本明細書においても、LPRFレーダ装置1000における構成部品であることを強調する場合は、「1-600」、「1-700」のように、それぞれ符号の前に「1-」が付加される。

HPRFレーダ装置2000は、HPRFレーダ送信系200と、受信系600と、信号処理系700と、の3つの系統を備える。図1において、HPRFレーダ装置2000における受信系600及び信号処理系700は、それぞれ符号の前に「2-」が付加されている。本明細書においても、HPRFレーダ装置2000における構成部品であることを強調する場合は、「2-600」、「2-700」のように、それぞれ符号の前に「2-」が付加される。

[0009] 図1における太波線矢印は、LPRF用送信機110で生成されたLPRFパルスが、LPRF送信アンテナ120によりターゲット(Tgt)に向けて送信されていることを示している。

図1における細波線矢印は、ターゲット（T g t）で反射されたL P R Fパルス（以降、「L P R F 反射波」と称する）を示している。L P R F 反射波は、L P R Fレーダ装置1 0 0 0及びH P R Fレーダ装置2 0 0 0それぞれの受信系6 0 0（1－6 0 0、2－6 0 0）により受信される。

[0010] 図1における太波点線矢印は、H P R F用送信機2 1 0で生成されたH P R Fパルスが、H P R F送信アンテナ2 2 0によりターゲット（T g t）に向けて送信されていることを示している。

図1における細点波線矢印は、ターゲット（T g t）で反射されたH P R Fパルス（以降、「H P R F 反射波」と称する）を示している。H P R F 反射波は、L P R Fレーダ装置1 0 0 0及びH P R Fレーダ装置2 0 0 0それぞれの受信系6 0 0（1－6 0 0、2－6 0 0）により受信される。

[0011] 図1に示されるとおり、L P R Fレーダ送信系1 0 0は、L P R F用送信機1 1 0と、L P R F送信アンテナ1 2 0と、を含む。

図1に示されるとおり、H P R Fレーダ送信系2 0 0は、H P R F用送信機2 1 0と、H P R F送信アンテナ2 2 0と、を含む。

[0012] 図2は、本開示技術に係るレーダ装置に採用される受信系6 0 0の機能構成を例示するブロック図である。図1に示されるとおり、本開示技術に係るレーダ装置に採用される受信系6 0 0は、L P R Fレーダ装置1 0 0 0及びH P R Fレーダ装置2 0 0 0のそれぞれに含まれるが、それぞれに含まれる受信系6 0 0（1－6 0 0、2－6 0 0）は、同じ構造であってよい。

図2に示されるとおり、受信系6 0 0は、素子アンテナ6 1 0と、ビーム形成部6 2 0と、帯域通過フィルタ6 3 0と、受信機6 4 0（6 4 0－1、6 4 0－2）と、ミキシング部6 5 0（6 5 0－1、6 5 0－2）と、を含む。図2に示されるように、受信系6 0 0は、帯域通過フィルタ6 3 0の後段から出力まで、L P R F系統とH P R F系統とに分かれている。L P R F系統における構成要素は、受信機6 4 0－1、及びミキシング部6 5 0－1、である。H P R F系統における構成要素は、受信系6 0 0－2、及びミキシング部6 5 0－2、である。

[0013] 図3は、本開示技術に係るレーダ装置に採用される信号処理系700の機能構成を例示するブロック図である。図3に示されるとおり、信号処理系700は、AD変換器710（710-1、710-2）と、パルスヒット方向処理部720（720-1、720-2）と、パルス圧縮部730（730-1、730-2）と、距離速度マップ生成部740（740-1、740-2）と、補間処理部750と、積分処理部760と、比較処理部770と、を含む。図1に示されるとおり、本開示技術に係るレーダ装置に採用される信号処理系700は、LPRFレーダ装置1000及びHPRFレーダ装置2000のそれぞれに含まれるが、それぞれに含まれる信号処理系700（1-700、2-700）は、同じ構造であってよい。

図3に示されるとおり、信号処理系700は、入力から補間処理部750の前段まで、LPRF系統とHPRF系統とに分かれている。LPRF系統における構成要素は、AD変換器710-1、パルスヒット方向処理部720-1、パルス圧縮部730-1、及び距離速度マップ生成部740-1、である。HPRF系統における構成要素は、AD変換器710-2、パルスヒット方向処理部720-2、パルス圧縮部730-2、及び距離速度マップ生成部740-2、である。

[0014] 図4は、実施の形態1に係るレーダ装置における積分処理部760の態様を示す説明図である。図4に示されるとおり、実施の形態1に係るレーダ装置は、積分処理部760がPDI（Post Detection Integration）を実施してもよい。実施の形態1に係るレーダ装置は、より具体的には、積分処理部760が、補間処理部750から送られる距離速度マップに対してインコヒーレント積分、すなわち周波数領域積分、を実施する。

[0015] 《受信系600を構成するビーム形成部620》

受信系600を構成するビーム形成部620は、素子アンテナ610により受信された信号を、アジマス角及びエレベーション角により定義された複数の領域のそれぞれに分離する構成要素である。

図5は、アジマス角とエレベーション角とを説明する説明図である。図5は、空間を左手系のXYZ座標系で示し、ビーム方向がアジマス角とエレベーション角とで表せることを示している。

図5において、ビームのアジマス角は、 $\theta_{az}(n_{az})$ の文字で表されている。ここで引数の n_{az} は、アジマス角に付される番号であり、1から N_{az} までの自然数をとる。すなわち本開示技術に係るレーダ装置は、あらかじめ N_{az} 個の異なるアジマス角が定義されている、とする。

図5において、ビームのエレベーション角は、 $\theta_{el}(n_{el})$ の文字で表されている。ここで引数の n_{el} は、エレベーション角に付される番号であり、1から N_{el} までの自然数をとる。すなわち本開示技術に係るレーダ装置は、あらかじめ N_{el} 個の異なるエレベーション角が定義されている、とする。

ビーム形成部620は、時刻 t における信号($s_{j, naz, nel}(t)$)を出力する。ビーム形成部620において出力された信号($s_{j, naz, nel}(t)$)は、帯域通過フィルタ630へと送られる。

[0016] 《受信系600を構成する帯域通過フィルタ630》

受信系600を構成する帯域通過フィルタ630は、ビーム形成部620から送られた信号($s_{j, naz, nel}(t)$)を、LPRF系統とHPRF系統とに分離する構成要素である。帯域通過フィルタ630は、具体的には、LPRFパルスの帯域(B_1)と、HPRFパルスの帯域(B_2)との、それぞれ用のバンドパスフィルタ(B_1 用及び B_2 用)から構成される。

帯域通過フィルタ630において、LPRFパルスの帯域(B_1)を通過した信号成分は、受信機640-1へと送られる。受信機640-1より後段においては、従来技術に係るレーダ装置と同じ処理が施され则认为よい。LPRFパルスの帯域(B_1)を通過した信号成分は、最終的に図3に示されるパルス圧縮部730-1においてレンジドップラ信号(s_{rd1})となり、距離速度マップ生成部740-1へと送られる。なお、レンジドップラ信号を表す文字の s_{rd1} において、下付添え字の rd は、レンジドップラの英語である $range\ doppler$ の頭文字を由来とし、下付添え字の1は、

L P R F 系統であることを示す。レンジドップラ信号 (s_{rd1}) は、 n_{az} 、 n_{el} 、のそれぞれについて作成される。

帯域通過フィルタ 630 において、H P R F パルスの帯域 (B_2) を通過した信号成分は、受信機 640-2 へと送られる。受信機 640-2 より後段においては、従来技術に係るレーダ装置と同じ処理が施され则认为よい。H P R F パルスの帯域 (B_2) を通過した信号成分は、最終的に図 3 に示されるパルス圧縮部 730-2 においてレンジドップラ信号 (s_{rd2}) となり、距離速度マップ生成部 740-2 へと送られる。レンジドップラ信号 (s_{rd2}) は、 n_{az} 、 n_{el} 、のそれぞれについて作成される。

[0017] 《信号処理系 700 を構成する L P R F 系統の距離速度マップ生成部 740-1》

信号処理系 700 を構成する L P R F 系統の距離速度マップ生成部 740-1 は、距離速度マップを生成する構成要素である。L P R F 系統の距離速度マップ生成部 740-1 は、距離速度マップを生成する際に、ドップラ速度のアンビギュイティ（以降、「速度アンビギュイティ (v_{amb}) 」と称する）を考慮する。

n_d 番目のドップラビンの目標信号に係るターゲット (T g t) の速度を $v_1(n_d)$ とすると、速度アンビギュイティ (v_{amb}) を含むゴーストは、原理的には、以下の式で表されるいずれの v_1 にもなり得る。

$$\begin{aligned} v_1 &= \overline{v_1}(n_d) + n v_{amb} \\ \text{wherein} \quad v_{amb} &= \frac{c}{2f_1 T_{LPRI}} \end{aligned} \quad \dots (1)$$

ここで、 n は整数である。式 (1) における c は光速を、 f_1 は L P R F レーダ装置 1000 の送信周波数を、 T_{LPRI} は L P R F パルスのパルス繰返し周期を、それぞれ表す。また、式 (1) において用いられるアクセント記号の横棒は、アンビギュイティを含まない実像に係る値であることを示している。別の見方をすれば、式 (1) は、速度アンビギュイティ (v_{amb}) の発生間隔が規則的である、ということを表している。なお、式 (1) に示されるゴ

ーストの詳細は、後述の図10及び図12の説明により明らかとなる。

[0018] LPRF系統の距離速度マップ生成部740-1は、速度アンビギュイティ (v_{amb}) を考慮し、距離速度マップを接続する、という処理を行う。

図6は、実施の形態1に係るレーダ装置における距離速度マップ生成部740-1の処理内容を示す説明図である。

図6上段は、速度アンビギュイティ (v_{amb}) の大きさを考慮して、ドップラビン (n_d 、1から N_{d1} まで) が設定されていることを表している。

図6中段は、LPRF系統の距離速度マップ生成部740-1が、距離速度マップを接続する様子を示している。図6中段において「想定する目標速度範囲」と記載された両矢印の線分は、文字どおり、あらかじめ想定されるターゲット (Tgt) が取り得る速度の範囲を表している。あらかじめ想定されるターゲット (Tgt) が取り得る速度の範囲から、式(1)における n についての最小値 (N_{min}) と最大値 (N_{max}) とが決定される。

図6下段は、接続することによって得られた新たな距離速度マップ (M_{rd1}) について、ドップラビン番号 (図6においては「速度ビンの番号」と記載) をあらためて定義しなおしている様子を示している。ドップラビン番号 (n_d) は、速度を小さい順に並べて、1、2、…、 N_{d1} としている。

LPRF系統の距離速度マップ生成部740-1で作成された新たな距離速度マップ (M_{rd1}) は、補間処理部750へと送られる。

[0019] 《信号処理系700を構成するHPRF系統の距離速度マップ生成部740-2》

信号処理系700を構成するHPRF系統の距離速度マップ生成部740-2は、距離速度マップを生成する構成要素である。HPRF系統の距離速度マップ生成部740-2は、距離速度マップを生成する際に、距離 (レンジとも称する) のアンビギュイティ (以降、「距離アンビギュイティ (r_{amb}) 」と称する) を考慮する。

n_r 番目のレンジビンの目標信号に係るターゲット (Tgt) の距離を r_2 (n_r) とすると、距離アンビギュイティ (r_{amb}) を含むゴーストは、原理

的には、以下の式で表されるいずれの r_2 にもなり得る。

$$\begin{aligned} r_2 &= \bar{r}_2(n_r) + nr_{amb} \\ \text{wherein} \quad & \dots (2) \\ r_{amb} &= \frac{cT_{HPRI}}{2} \end{aligned}$$

ここで、 n は整数である。式(2)における c は光速を、 T_{HPRI} はHPRFパルスのパルス繰返し周期を、それぞれ表す。式(2)において用いられるアクセント記号の横棒は、アンビギュイティを含まない実像に係る値であることを示している。別の見方をすれば、式(2)は、距離アンビギュイティ(r_{amb})の発生間隔が規則的である、ということを表している。なお、式(2)に示されるゴーストの詳細は、後述の図10及び図12の説明により明らかとなる。

[0020] HPRFシステムの距離速度マップ生成部740-2は、距離アンビギュイティ(r_{amb})を考慮し、距離速度マップを接続する、という処理を行う。

図7は、実施の形態1に係るレーダ装置における距離速度マップ生成部740-2の処理内容を示す説明図である。

図7左列は、距離アンビギュイティ(r_{amb})の大きさを考慮して、レンジビン(n_r 、1から N_{r2} まで)が設定されていることを表している。

図7中列は、HPRFシステムの距離速度マップ生成部740-2が、距離速度マップを接続する様子を示している。図7中列において「想定する目標距離範囲」と記載された両矢印の線分は、文字どおり、あらかじめ想定されるターゲット(Tgt)が取り得る距離(レンジ)の範囲を表している。あらかじめ想定されるターゲット(Tgt)が取り得る距離(レンジ)の範囲から、式(2)における n についての最小値(N_{min})と最大値(N_{max})とが決定される。

図7右列は、接続することによって得られた新たな距離速度マップ(M_{rd2})について、レンジビン番号(図7においては「レンジビンの番号」と記載)をあらためて定義しなおしている様子を示している。レンジビン番号(n_r)は、距離を近い順に並べて、1、2、…、 N_{r2} としている。

H P R F 系統の距離速度マップ生成部 7 4 0 - 2 で作成された新たな距離速度マップ (M_{rd2}) は、補間処理部 7 5 0 へと送られる。

[0021] 《信号処理系 7 0 0 を構成する補間処理部 7 5 0 》

信号処理系 7 0 0 を構成する補間処理部 7 5 0 は、L P R F 系統により得られた情報と、H P R F 系統により得られた情報と、を考慮して、距離速度マップにおけるレンジビン及びドップラビンを補間し補正する処理を行う構成要素である。

図 8 は、実施の形態 1 に係るレーダ装置における補間処理部 7 5 0 の処理内容である速度軸補正を示す説明図である。また図 9 は、実施の形態 1 に係るレーダ装置における補間処理部 7 5 0 の処理内容である距離軸補正を示す説明図である。

[0022] 図 8 上段は、L P R F 系統の距離速度マップ生成部 7 4 0 - 1 で作成された新たな距離速度マップ (M_{rd1}) と、H P R F 系統の距離速度マップ生成部 7 4 0 - 2 で作成された新たな距離速度マップ (M_{rd2}) と、の間に、ドップラビンに差が生じ得ることを示している。

図 8 下段は、横軸を L P R F 系統で作成された距離速度マップ (M_{rd1}) のドップラビンとし、縦軸を H P R F 系統で作成された距離速度マップ (M_{rd2}) のドップラビンとし、これらの相関をプロットで表したものである。図 8 下段において「線形近似直線」と記載された直線は、L P R F 系統で作成された距離速度マップ (M_{rd1}) のドップラビンと、H P R F 系統で作成された距離速度マップ (M_{rd2}) のドップラビンと、の間に、線形に近似できる相関があることを示している。

信号処理系 7 0 0 を構成する補間処理部 7 5 0 は、線形近似直線により表された相関を正として、距離速度マップにおけるドップラビンを、適宜、補間し補正することができる。

[0023] 図 9 上段は、L P R F 系統の距離速度マップ生成部 7 4 0 - 1 で作成された新たな距離速度マップ (M_{rd1}) と、H P R F 系統の距離速度マップ生成部 7 4 0 - 2 で作成された新たな距離速度マップ (M_{rd2}) と、の間に、レンジ

ビンに差が生じ得ることを示している。

図9下段は、横軸をL P R F系統で作成された距離速度マップ (M_{rd1}) のレンジビンとし、縦軸をH P R F系統で作成された距離速度マップ (M_{rd2}) のレンジビンとし、これらの相関をプロットで表したものである。図9下段において「線形近似直線」と記載された直線は、L P R F系統で作成された距離速度マップ (M_{rd1}) のレンジビンと、H P R F系統で作成された距離速度マップ (M_{rd2}) のレンジビンと、の間に、線形に近似できる相関があることを示している。

信号処理系700を構成する補間処理部750は、線形近似直線により表された相関を正として、距離速度マップにおけるレンジビンを、適宜、補間し補正することができる。

[0024] 補間処理部750において補間され補正された距離速度マップは、積分処理部760へと送られる。

[0025] 《信号処理系700を構成する積分処理部760》

レーダ装置の信号処理に関する技術分野において、積分処理は、S N比を改善する目的でよく用いられる。信号処理系700を構成する積分処理部760は、S N比を改善する積分処理を実施する構成要素である。

前述のとおり、実施の形態1に係る積分処理部760は、距離速度マップに対して、P D Iを実施する。本明細書は、P D Iが実施された距離速度マップをP D I信号 (p_{rd}) と称して、P D Iが実施される前の距離速度マップと区別する。P D I信号 (p_{rd}) は、 n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el} を引数とした関数だと考えることもできる。P D I信号 (p_{rd}) は、例えば、次式により与えられる。

$$p_{rd}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el}) = \sum M_{rd1}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el}) + \sum M_{rd2}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el})$$

又は

$$p_{rd}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el}) = |M_{rd1}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el})|^2 + |M_{rd2}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el})|^2 \quad \dots (3)$$

ここで、式(3)下段は、信号振幅の2乗が電力を表すという関係に基づい

て、PDI信号 (p_{rd}) を算出したものである。

積分処理部760で生成されたPDI信号 (p_{rd}) は、比較処理部770へと送られる。

[0026] 《信号処理系700を構成する比較処理部770》

信号処理系700を構成する比較処理部770は、積分処理部760で積分処理された信号（実施の形態1においてはPDI信号 (p_{rd}) ）の成分を、あらかじめ設定された閾値（スレッシュホールドとも称される）と比較し、ターゲット (Tgt) についての目標信号であるか不要信号であるかを判断する構成要素である。

比較処理部770は、閾値を超えたPDI信号 (p_{rd}) の成分を、検出した順番に番号付けをする。比較処理部770において、閾値を超えたPDI信号 (p_{rd}) の成分は、目標信号の候補として、目標検出処理部3000へと送られる。

[0027] 前述のとおり、PDI信号 (p_{rd}) は、 n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el} を引数とした関数として考えられる。ターゲット (Tgt) の検出において、どのような n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el} のときにPDI信号 (p_{rd}) が閾値を超えたか、という情報が重要である。そこで比較処理部770は、PDI信号 (p_{rd}) が閾値を超えたときの n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el} を、例えば構造体として記録する。

LPRFレーダ装置1000における信号処理系700 (1-700) は、例えば以下のように構造体 (X_1) を定義すればよい。

$$\text{for } k_1 = 1 \text{ to } K_1$$

$$X_1(k_1) = \begin{cases} k_1 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_r \\ k_1 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_d \\ k_1 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_{az} \\ k_1 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_{el} \end{cases} \quad \dots \quad (4)$$

ここで、 k_1 は信号処理系700 (1-700) で用いられる変数であり、 K_1 は信号処理系700 (1-700) においてPDI信号 (p_{rd}) の成分が閾値を超えた総数である。構造体 (X_1) の要素（フィールドとも称される）に

は、式（４）で示されたもののほか、 k_1 番目に閾値を超えた p_{rd} の値があってもよい。

信号処理系 700（1-700）で求められた構造体（ X_1 ）の情報は、PDI 信号（ p_{rd} ）の情報とともに目標検出処理部 3000 へと送られる。

同様に、HPRF レーダ装置 2000 における信号処理系 700（2-700）は、例えば以下の構造体（ X_2 ）を定義すればよい。

$$\text{for } k_2 = 1 \text{ to } K_2$$

$$X_2(k_2) := \begin{cases} k_2 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_r \\ k_2 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_d \\ k_2 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_{az} \\ k_2 \text{ 番目に閾値を超えた } p_{rd} \text{ の } n_{el} \end{cases} \quad \dots \quad (5)$$

ここで、 k_2 は信号処理系 700（2-700）で用いられる変数であり、 K_2 は信号処理系 700（2-700）において PDI 信号（ p_{rd} ）の成分が閾値を超えた総数である。構造体（ X_2 ）の要素（フィールドとも称される）には、式（５）で示されたもののほか、 k_2 番目に閾値を超えた p_{rd} の値があってもよい。

信号処理系 700（2-700）で求められた構造体（ X_2 ）の情報は、PDI 信号（ p_{rd} ）の情報とともに目標検出処理部 3000 へと送られる。

[0028] 《目標検出処理部 3000》

目標検出処理部 3000 は、LPRF レーダ装置 1000 の信号処理系 700（1-700）から送られる情報と、HPRF レーダ装置 2000 の信号処理系 700（2-700）から送られる情報と、に基づいて、ターゲット（Tgt）を検出する構成要素である。

目標検出処理部 3000 が実施する処理は、大きく分けると 2 つある、と言える。1 つ目は、対応関係の確認である。2 つ目は「2 中 1 検出」と称される処理である。

[0029] 目標検出処理部 3000 が実施する対応関係の確認とは、LPRF レーダ装置 1000 における信号処理系 700（1-700）から送られる構造体（ X_1 ）の情報と、HPRF レーダ装置 2000 における信号処理系 700（

2-700) から送られる構造体 (X_2) の情報と、を比較し、或る同一のターゲット (Tgt) がそれぞれの構造体において何番目のレコードに登場するか、その対応関係を確認する処理を意味する。

例えば、構造体 (X_1) の $k_1 = 10$ 番目のレコード ($X_1(10)$) と、構造体 (X_2) の $k_2 = 12$ 番目のレコード ($X_2(12)$) と、を比較したとき、それぞれの4つの要素 (n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el}) がほぼ同じであった、とする。このとき目標検出処理部3000は、構造体 (X_1) の $k_1 = 10$ 番目のレコードと構造体 (X_2) の $k_2 = 12$ 番目のレコードとを、或る同一のターゲット (Tgt) についてのものだとし、対応させる。

LPRFレーダ装置1000とHPRFレーダ装置2000との間の距離に対して、対象であるターゲット (Tgt) が十分に遠方にある場合、構造体 (X_1) と構造体 (X_2) との情報ほぼ同じになる、という傾向が見られる。

目標検出処理部3000が実施する対応関係の確認は、レーダ装置の追尾機能と併用して実施されてもよい。

[0030] 目標検出処理部3000が実施する「2中1検出」とは、LPRFレーダ装置1000とHPRFレーダ装置2000との2つのレーダ装置のうち、いずれか一方のレーダ装置のみで検出されたターゲット (Tgt) も、検出結果として出力できるように処理することを意味する。目標検出処理部3000は、具体的には、構造体 (X_1) と構造体 (X_2) とを和集合的に結合する。この結合により作られた構造体は、ここでは X_{ADD} と称するものとする。前述した例では、構造体 (X_1) の $k_1 = 10$ 番目のレコードと構造体 (X_2) の $k_2 = 12$ 番目のレコードとが、或る同一のターゲット (Tgt) についてのものであった。この場合、「2中1検出」の処理で得られた構造体 (X_{ADD}) において、この或る同一のターゲット (Tgt) についてのレコードは、1つにまとめられる。

[0031] このように目標検出処理部3000は、対応関係の確認と、「2中1検出」処理と、を実施し、構造体 (X_{ADD}) を生成する。目標検出処理部3000

により生成された構造体 (X_{ADD}) は、L P R F レーダ装置 1 0 0 0 と H P R F レーダ装置 2 0 0 0 との 2 つのレーダ装置のうち、いずれか一方のレーダ装置のみで検出されたターゲット (Tgt) についての情報を含む。

[0032] 図 1 0 は、本開示技術に係るレーダ装置により得られる距離速度マップの一例である。目標検出処理部 3 0 0 0 により生成された構造体 (X_{ADD}) において、或る同一の n_{az} 及び n_{el} の組を有するレコードを抽出し、(n_r 、 n_d) の点をプロットすると、図 1 0 に例示された距離速度マップが得られる。図 1 0 に例示された距離速度マップは、或る 1 つのターゲット (Tgt) を想定したときの距離速度マップである。本開示技術に係るレーダ装置は、式 (1) で示された速度アンビギュイティ (v_{amb}) の情報と、式 (2) で示された距離アンビギュイティ (r_{amb}) の情報と、を用い、距離速度マップに登場する複数のプロットを、或る 1 つのターゲット (Tgt) に由来するものとして、グループ化することができる。このグループ化の処理は、目標検出処理部 3 0 0 0 により実施される。

[0033] 図 1 1 は、実施の形態 1 に係るレーダ装置における目標検出処理部 3 0 0 0 が実施するグループ化の処理手順を示したフローチャートである。また、図 1 2 は、実施の形態 1 に係るレーダ装置における目標検出処理部 3 0 0 0 が実施するグループ化の処理手順を示した説明図である。

[0034] 図 1 1 において S 1 と示されるステップは、グループ化の処理において用いられる変数 (k) を初期化する処理ステップである。S 1 において変数 (k) は、初期値の 1 が代入される。

処理工程が S 1 の段階であるときに、距離速度マップは、図 1 2 (a) に示されている状態である。図 1 2 (a) に示される事案では、距離速度マップにおいて、閾値を超えたプロットが 1 6 個ある。

[0035] 図 1 1 において S 2 と示されるステップは、距離アンビギュイティ (r_{amb}) の情報に基づいて、距離の方向にグループ化を実施する処理ステップである。S 2 において目標検出処理部 3 0 0 0 は、 k 番目のプロットを中心として、距離の方向に、距離アンビギュイティ (r_{amb}) の整数倍の位置に、別の

プロットがないかを確認する。

S 2 の処理内容は、図 1 2 (b) に示された距離速度マップで説明することができる。S 2 において目標検出処理部 3 0 0 0 は、 $k = 8$ 番目のプロットを中心として、距離の方向に、距離アンビギュイティ (r_{amb}) の整数倍の位置に、別のプロットがないかを確認する。図 1 2 (b) に示された距離速度マップでは、 $k = 6$ 、 7 、及び 9 のプロットが距離の方向に距離アンビギュイティ (r_{amb}) の整数倍の位置にあるため、これらのプロットがグループ化される。

[0036] 図 1 1 において S 3 と示されるステップは、速度アンビギュイティ (v_{amb}) の情報に基づいて、速度の方向にグループ化を実施する処理ステップである。S 3 において目標検出処理部 3 0 0 0 は、 k 番目のプロットを中心として、速度の方向に、速度アンビギュイティ (v_{amb}) の整数倍の位置に、別のプロットがないかを確認する。

S 3 の処理内容は、図 1 2 (b) に示された距離速度マップで説明することができる。S 3 において目標検出処理部 3 0 0 0 は、 $k = 8$ 番目のプロットを中心として、速度の方向に、速度アンビギュイティ (v_{amb}) の整数倍の位置に、別のプロットがないかを確認する。図 1 2 (b) に示された距離速度マップでは、 $k = 1$ 、 4 、及び 16 のプロットが速度の方向に速度アンビギュイティ (v_{amb}) の整数倍の位置にあるため、これらのプロットがグループ化される。

[0037] 図 1 1 において S 4 と示されるステップは、すべての k 、すなわちすべてのプロットに対して S 2 及び S 3 を実施したか、を確認する処理ステップである。

すべてのプロットに対して S 2 及び S 3 がまだ実施されていない場合、すなわち S 4 において NO の場合、処理工程は S 6 へと進められる。S 6 においては、ここで用いられる変数 (k) に対して、インクリメント (数値に 1 を加える操作) が実施される。その後、処理工程は、2 周目以降の S 2 へと進められる。2 周目以降の S 2 及び S 3 の処理内容は、図 1 2 (c) に示さ

れた距離速度マップで説明することができる。2周目のS 2及びS 3において目標検出処理部3000は、 $k = 11$ 番目のプロットを中心として、 $k = 3$ 、5、10、11、12、13、及び15のプロットが、別の或る1つのグループだとしてグループ化される。

すべてのプロットに対してS 2及びS 3が実施されている場合、すなわちS 4においてYESの場合、処理工程はS 5へと進められる。

[0038] 図11においてS 5と示されるステップは、グループ化されなかったプロットに対する処置に関するものである。S 5において目標検出処理部3000は、いずれのグループにも所属しないプロットを、ノイズであり誤警報であると判定する。

S 5の処理内容は、図12(c)に示された距離速度マップで説明することができる。S 5において目標検出処理部3000は、いずれのグループにも所属しないプロットを、すなわち $k = 2$ 、14のプロットを、ノイズであり誤警報であると判定する。

[0039] 図11においてS 7と示されるステップは、各グループに対して、アンビギュイティを含むいわゆる虚像プロット（ゴーストとも称される）を排除し、アンビギュイティを含まないいわゆる実像プロットを見つける処理ステップである。

一般に、実像プロットに係る信号強度は、虚像プロットに係る信号強度よりも強い。したがって、信号強度の情報に基づいて、各グループから実像プロットを見つけることが考えられる。

S 7の処理内容は、図12(c)及び(d)に示された距離速度マップで説明することができる。図12に示される事案では、処理工程の1周目でグループ化されたグループの実像プロットは $k = 8$ 番目のプロットであり、処理工程の2周目でグループ化されたグループの実像プロットは $k = 11$ 番目のプロットである、としている。 $k = 8$ 番目のプロット及び $k = 11$ 番目のプロットは、それぞれ、十字状にグループ化された十字の交点に位置するプロットである。図12に示される事案のように、実像プロットを中心として

、虚像プロットが十字状に現れる場合、十字の交点に位置するプロットを実像プロットと推測することができる。ただし、距離アンビギュイティ (r_{amb}) 及び速度アンビギュイティ (v_{amb}) が同時に発生することも考えられる。距離アンビギュイティ (r_{amb}) 及び速度アンビギュイティ (v_{amb}) が同時に発生する場合、虚像プロットは距離速度マップにおいて格子状に現れる。

[0040] 以上のとおり実施の形態 1 に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、複数の異なる PRF を有する電波を用いてターゲット (Tgt) の検出を行うことができ、従来のレーダ装置と比較して、多様な情報に基づいたノイズに強いターゲット (Tgt) 検出が実現できる。

[0041] 実施の形態 2.

実施の形態 2 に係るレーダ装置は、本開示技術に係るレーダ装置の変形例である。特に明記する場合を除き、実施の形態 2 では、実施の形態 1 で用いられた符号と同じものが用いられる。また実施の形態 2 では、実施の形態 1 と重複する説明が、適宜、省略される。

[0042] 図 13 は、実施の形態 2 に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。図 13 は、より詳細には、実施の形態 2 に係るレーダ装置におけるパルスヒット方向処理部 720 及びパルス圧縮部 730 の態様を示す説明図である。図 13 に示されるように、実施の形態 2 に係るレーダ装置は、パルスヒット方向処理部 720 においてパルスヒット方向コヒーレント積分を実施し、パルス圧縮部 730 において位相補正型パルス圧縮を実施する。

[0043] 実施の形態 2 に係るレーダ装置は、事前に、ターゲット (Tgt) についての速度を想定できる、という前提に基づく。事前に想定されるターゲット (Tgt) の速度は、速度の集合 (v_c) として、以下の記号を用いた式で与えられるものとする。

$$v_c := \{v_{c,1}, v_{c,2}, \dots, v_{c,N_d}\} \quad \dots \quad (6)$$

ここで、式 (6) 右辺の下付添え字に現れる N_d は、式 (1) に登場したドッ

プラビン番号 (n_d) が取り得る最大値であり、ドップラビンの総数である。言い換えれば、実施の形態 2 に係るレーダ装置は、ドップラビンの総数分、事前にターゲット (T g t) についての速度を想定している。

[0044] 《実施の形態 2 に係るパルスヒット方向処理部 7 2 0》

実施の形態 2 に係るパルスヒット方向処理部 7 2 0 は、事前に想定されるターゲット (T g t) の速度集合 (v_c) を用いて、ドップラ周波数による信号の位相回転を補正した上で、パルスヒット方向へのコヒーレント積分を実施する。なお、パルスヒット方向処理部 7 2 0 は、L P R F 系統のもの (7 2 0-1) と H P R F 系統のもの (7 2 0-2) とが存在するが、いずれの系統においてもパルスヒット方向処理部 7 2 0 は同じ処理内容を実施する。

実施の形態 2 に係るパルスヒット方向処理部 7 2 0 が実施する処理は、例えば、以下の式により与えられる。

$$\text{for } n_d = 1 \text{ to } N_d$$

$$s_f(n_d) := \sum_{n_h=1}^{N_h} s_j(t_{n_h}) \exp\left(-j2\pi \frac{2v_{c,n_d}}{c} f_s t_{n_h}\right) \quad \dots \quad (7)$$

ここで、式 (7) 右辺の S_j は A D 変換器 7 1 0 から送られた信号であり、式 (7) 左辺の S_f はパルスヒット方向処理部 7 2 0 における処理後の信号（以降、「コヒーレント積分信号 (S_f) 」と称する）である。式 (7) に登場する n_h は 1 から N_h までの自然数をとる変数（パルスヒット番号）であり、 N_h は A D 変換器 7 1 0 から送られる離散時間信号列の総数である。 t に下付添え字の n_h が付されたものは、 n_h 番目のサンプリングにおける時刻を表す。式 (7) 右辺に登場する f_s は、送信周波数である。L P R F 系統におけるパルスヒット方向処理部 7 2 0 (7 2 0-1) において f_s は、式 (1) に登場する f_1 である。

なおパルスヒット方向処理部 7 2 0 は、すべての n_{a_z} 及び n_{e_l} の組合せについて、式 (7) で示される処理を実施する。

実施の形態 2 に係るパルスヒット方向処理部 7 2 0 は、データに欠損している部分がある場合、平均値、中央値、又は 0 といった決められた値で、適

宜、欠損部分を埋めるとよい。

実施の形態 2 に係るパルスヒット方向処理部 720 で生成されたコヒーレント積分信号 (S_f) は、パルス圧縮部 730 へと送られる。

[0045] 《実施の形態 2 に係るパルス圧縮部 730》

実施の形態 2 に係るパルス圧縮部 730 は、ドップラによる目標信号パワースペクトルの周波数シフトを補正し、パルス圧縮を実施する。実施の形態 2 に係るパルス圧縮部 730 において実施される周波数シフトの補正は、例えば、以下の式により与えられる。

$$s'_f(n_d) = s_f(n_d) \exp\left(-j2\pi \frac{2v_{c,n_d}}{c} f_s t_{n_{h,1}}\right) \quad \dots \quad (8)$$

実施の形態 2 に係るパルス圧縮部 730 において位相補正された信号 (s'_f) は、距離速度マップ生成部 740 へと送られる。以降の処理内容は、実施の形態 1 に記載されたものと同様である。

[0046] 以上のとおり実施の形態 2 に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、ドップラによる位相回転を補正できる。この作用により実施の形態 2 に係るレーダ装置は、実施の形態 1 で示された効果に加え、パルス圧縮における積分損失が少ないという効果を奏する。

[0047] 実施の形態 3.

実施の形態 3 に係るレーダ装置は、本開示技術に係るレーダ装置の変形例である。特に明記する場合を除き、実施の形態 3 では、既出の実施の形態で用いられた符号と同じものが用いられる。また実施の形態 3 では、既出の実施の形態と重複する説明が、適宜、省略される。

[0048] 図 14 は、実施の形態 3 に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。図 14 に示されるとおり、本開示技術に係るレーダ装置は、パルスヒット方向処理部 720 及びパルス圧縮部 730 の機能を、高速型パルス圧縮を実施するパルス圧縮部 730-F に代えることも考えられる。

[0049] 図 15 は、実施の形態 3 に係るレーダ装置におけるパルス圧縮部 730-F

Fの詳細な機能構成を示すブロック図である。図15に示されるとおり実施の形態3に係るパルス圧縮部730-Fは、受信パルス用FFT部730-F-1と、パルス方向CZT部730-F-2と、参照パルス生成部730-F-3と、参照パルス用FFT部730-F-4と、乗算部730-F-5と、IFFT処理部730-F-6と、を含む。

[0050] 《パルス圧縮部730-Fを構成する受信パルス用FFT部730-F-1》

パルス圧縮部730-Fを構成する受信パルス用FFT部730-F-1は、距離方向のFFT（以降「レンジFFT」と称する）を実施するための構成要素である。受信パルス用FFT部730-F-1が実施するレンジFFTは、以下の式で与えられる。

$$\begin{aligned} \{s_{fj}(n_r, n_h)\} &= \{s_{fj}(1, n_h), s_{fj}(2, n_h), \dots, s_{fj}(n_r, n_h), \dots, s_{fj}(N_r, n_h)\} \\ \text{wherein} \\ \{s_{fj}(n_r, n_h)\} &:= F_{\text{Range}}[s_j(t_{n_h})] \end{aligned} \quad \dots (9)$$

ここで、スクリプト体で表されたFに下付添え字のRangeと記載された変換は、レンジFFTを表すものである。式(9)における s_j は、式(7)で登場するものと同じであり、AD変換器710から送られた信号を表す。式(9)における n_h は、式(7)に登場するものと同じであり、1から N_h までの自然数をとる変数（パルスヒット番号）である。なお受信パルス用FFT部730-F-1は、すべての n_{az} 及び n_{el} の組合せについて、式(9)で示されるレンジFFTを実施する。

受信パルス用FFT部730-F-1でレンジFFTにより得られた信号(s_{fj})は、パルス方向CZT部730-F-2へと送られる。

[0051] 《パルス圧縮部730-Fを構成するパルス方向CZT部730-F-2》

パルス圧縮部730-Fを構成するパルス方向CZT部730-F-2は、パルスヒット方向のチャープZ変換を行う構成要素である。パルス方向CZT部730-F-2の名称に含まれる文字のCZTは、チャープZ変換を意味するChirp Z-Transformの頭文字を由来とする。チャ

ープz変換は、畳込み演算を高速に実施することを可能にする。

パルス方向C Z T部730-F-2が実施するチャープz変換の詳細は、以下の変数（f及びg）を導入することにより明らかとなる。

$$f(n_r, n_h) := s_{ff}(n_r, n_h) A^{-n_h} W^{\frac{(n_h)^2}{2}} \quad \dots \quad (10)$$

$$g(n_h) := W^{\frac{-(n_h)^2}{2}} \quad \dots \quad (11)$$

ただし、式（10）に登場するA、及び式（10）と式（11）とに登場するWは、以下のように与えられる。

$$A := \exp\left(j2\pi \frac{2v_{c,1}}{c} f_a T_s\right) \quad \dots \quad (12)$$

$$W := \exp\left(-j2\pi \frac{\Delta v_c}{c} f_a T_h\right) \quad \dots \quad (13)$$

ここで、式（12）で与えられるAと式（13）で与えられるWは、チャープz変換で用いられる変数である。式（13）に登場する Δv_c は、事前に想定されるターゲット（Tgt）の速度として定義された式（6）の速度の集合（ v_c ）において、隣接する速度の差分である、とする。すなわち実施の形態3においては、事前に想定されるターゲット（Tgt）の速度（ $v_{c,1}$ 、 $v_{c,2}$ 、 $\dots$ 、 v_{c,N_d} ）が、 Δv_c を差分とする等差数列的なものである、とする。式（12）及び式（13）に登場する f_a は、送信周波数に、距離に依存した周波数（チャープ変調を用いた場合のビート周波数、等）が加えられた周波数、である。式（12）に登場する T_s はサンプリング周期を、式（13）に登場する T_h はパルスヒット間隔を、それぞれ表す。

[0052] パルス方向C Z T部730-F-2は、式（10）で与えられるf、及び式（11）で与えられるgを、それぞれFFT処理する。FFT処理により得られる関数のF及びGは、以下のように表すことができる。

$$F(n_r, n_d) = \mathcal{F}[f(n_r, n_h)] \quad \dots \quad (14)$$

$$G(n_d) = \mathcal{F}[g(n_h)] \quad \dots \quad (15)$$

式（１４）及び式（１５）において、スクリプト体で表された F は、フーリエ変換を、すなわち FFT を表すものとする。

なお、前述した実施の形態２に係るレーダ装置は、パルスヒット方向処理部７２０の処理内容に係る式（７）において、パルスヒット番号（ n_h ）とドップラビン番号（ n_d ）との関連が示されている。パルスヒット方向処理部７２０が省略されている実施の形態３に係るレーダ装置は、フーリエ変換に係る式（１４）及び式（１５）において、パルスヒット番号（ n_h ）とドップラビン番号（ n_d ）との関連が示される。 FFT の性質上、 N_d は N_h と等しい値になる。

[0053] 最終的にパルス方向 CZT 部７３０－Ｆ－２は、以下の式で与えられる値（ s'_{f2} ）を算出する。

$$s'_{f2}(n_r, n_d) := W^{\frac{(n_d)^2}{2}} F(n_r, n_d) G(n_d) \quad \cdots (16)$$

実施の形態３に係るこの式（１６）は、前述した実施の形態２に係る式（８）（ s'_f を導出した式）に対応したものである。

パルス方向 CZT 部７３０－Ｆ－２で算出された s'_{f2} は、乗算部７３０－Ｆ－５へと送られる。

[0054] 《パルス圧縮部７３０－Ｆを構成する参照パルス生成部７３０－Ｆ－３》

パルス圧縮部７３０－Ｆを構成する参照パルス生成部７３０－Ｆ－３は、パルス圧縮処理に使用される参照パルス（ s_s ）を生成する構成要素である。参照パルス（ s_s ）に係るサンプリング番号は、 n_s により表されるものとする。 n_s は、１から N_s までの自然数をとる。参照パルス（ s_s ）は、 n_s 番目のサンプリング時刻（ t_{ns} ）を引数とした関数で与えられる。

[0055] 《パルス圧縮部７３０－Ｆを構成する参照パルス用 FFT 部７３０－Ｆ－４》

パルス圧縮部７３０－Ｆを構成する参照パルス用 FFT 部７３０－Ｆ－４は、文字どおり、参照パルス（ s_s ）に対して FFT を実施する構成要素である。

参照パルス用FFT部730-F-4は、FFTを実施する前に、例えば、以下の式で与えられる補正を、すなわちドップラによる位相回転の補正を実施してもよい。

$$s'_s(t_{n_s}) := s_s(t_{n_s}) \exp\left(-j2\pi \frac{2(n_d-1)\Delta v_c}{c} f_s(n_s-1)T_s\right) \quad \dots \quad (17)$$

ただし、ラジアル速度は $(n_d-1)\Delta v_c$ とする。

ここで T_s は、参照パルス(s_s)に係るサンプリング周期である。

[0056] 参照パルス用FFT部730-F-4によりFFT処理された信号列（以降、「FFT出力信号列」と称する）は、以下のように表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{FFT 出力信号列}\{s'_{sf}(n_r)\} &= \{s'_{sf}(1), s'_{sf}(2), \dots, s'_{sf}(n_r), \dots, s'_{sf}(N_r)\} \\ \text{wherein} & \\ \{s'_{sf}(n_r)\} &= \mathcal{F}[s'_s(t_{n_s})] \end{aligned} \quad (18)$$

式(18)に用いられる波かっこは、信号列であることを表している。ここで、FFTの性質上、 N_r は N_s と等しい値になる。

参照パルス用FFT部730-F-4で生成されたFFT出力信号列は、乗算部730-F-5へと送られる。

[0057] 《パルス圧縮部730-Fを構成する乗算部730-F-5》

パルス圧縮部730-Fを構成する乗算部730-F-5は、パルス方向CZT部730-F-2からの信号(s'_{f2})と、参照パルス用FFT部730-F-4からの信号(s'_{sf})と、を掛け合わせる構成要素である。乗算部730-F-5は、具体的には、以下に示される乗算処理を実施する。

$$s_{sf2}(n_r, n_d) = s'_{f2}(n_r, n_d)[s'_{sf}(n_r)]^* \quad \dots \quad (19)$$

ここで、式(19)右辺に登場する上付添え字のアスタリスクは、複素共役を表す。

[0058] 《パルス圧縮部730-Fを構成するIFFT処理部730-F-6》

パルス圧縮部730-Fを構成するIFFT処理部730-F-6は、逆フーリエ変換を実施する構成要素である。IFFT処理部730-F-6の名称におけるIFFTは、逆フーリエ高速変換を意味するInverse

Fast Fourier Transformの頭文字に由来する。

[0059] 実施の形態3に係るレーダ装置において、パルス圧縮部730-Fより後段の処理は、既出の実施の形態に係るレーダ装置の処理と同じである。

[0060] 以上のとおり実施の形態3に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、CZT処理を行うことができる。この作用により実施の形態3に係るレーダ装置は、実施の形態1で示された効果に加え、畳込み演算を高速に実施し、ドップラによる位相回転を補正することができる。

[0061] 実施の形態4.

実施の形態4に係るレーダ装置は、本開示技術に係るレーダ装置の変形例である。特に明記する場合を除き、実施の形態4では、既出の実施の形態で用いられた符号と同じものが用いられる。また実施の形態4では、既出の実施の形態と重複する説明が、適宜、省略される。

[0062] 図16は、実施の形態4に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図その1である。図16上段に示されるとおり、本開示技術に係る信号処理系700は、フィルタバンク併用型の信号処理を実施してもよい。フィルタバンクとは、バンドパスフィルタのアレイであり、入力信号を複数のコンポーネントに分割する回路である。図16下段に示されるとおり、本開示技術に係る目標検出処理部3000は、 N_f 個の独立した目標検出処理部3000（3000-#1、3000-#2、…、3000-# N_f ）から構成されていてもよい。 N_f は、フィルタバンクにおけるバンドパスフィルタの総数である。 n_f （ n_f は1、2、…、 N_f をとる自然数）をフィルタバンクにおけるバンドパスフィルタの識別番号だとすると、LPRF系統及びHPRF系統のいずれの信号処理系700においても、 n_f 番目のバンドパスフィルタを通過した信号成分は、対応する目標検出処理部3000-# n_f へと送られる。

[0063] 図17は、実施の形態4に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図その2である。図17に示されるとおり、信号処理系700が備えるフィルタバンクは、例えば、信号処理系700における積分処

理部 760 により実現されてよい。

[0064] 《実施の形態 4 に係る積分処理部 760》

実施の形態 1 で示されるよう、実施の形態 4 に係る積分処理部 760 には、L P R F 系統で作成された距離速度マップ (M_{rd1}) と、H P R F 系統で作成された距離速度マップ (M_{rd2}) と、が送られる。距離速度マップ (M_{rd1}) 及び距離速度マップ (M_{rd2}) は、積分処理部 760 が保有するフィルタバンクにより、各成分に分解される。

実施の形態 4 に係る積分処理部 760 は、各成分において、2 つの距離速度マップの位相を合わせた上でコヒーレント積分を実施する。一般に、2 つの距離速度マップの位相差を知ることは容易ではない。そこで、実施の形態 4 に係る積分処理部 760 は、具体的には、以下の式で与えられる処理を実施する。

$$M_{rd}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el}, n_f) \\ := M_{rd1}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el}) + M_{rd2}(n_r, n_d, n_{az}, n_{el}) \exp\left(-j2\pi \frac{n_f - 1}{N_f}\right) \quad \dots \quad (20)$$

式 (20) に示されるように実施の形態 4 に係るレーダ装置は、あらかじめ N_f 個のバンドパスフィルタからなるフィルタバンクを用意し、距離速度マップ (M_{rd1}) 及び距離速度マップ (M_{rd2}) のいずれか一方の距離速度マップについて $2\pi/N_f$ の整数倍で位相補正を実施した後に、コヒーレント積分を実施する。本明細書において、式 (20) 左辺の M_{rd} は、コヒーレント積分信号 (M_{rd}) と称されるものとする。

[0065] 実施の形態 4 に係る積分処理部 760 は、信号振幅の 2 乗が電力を表すという関係に基づいて、コヒーレント積分信号 (M_{rd}) から p_{rd} を算出してもよい。積分処理部 760 が行う p_{rd} の算出は、イメージとして、以下の式で与えられる。

$$p_{rd} = |M_{rd}|^2 \quad \dots \quad (21)$$

実施の形態 4 に係る式 (21) は、実施の形態 1 に係る式 (3) と対応するものである。

[0066] 《実施の形態4に係る目標検出処理部3000(3000-#1、3000-#2、…、3000-#N_f)》

実施の形態4に係る目標検出処理部3000(3000-#1、3000-#2、…、3000-#N_f)は、フィルタバンクにおいて最も損失が小さくコヒーレント積分された信号を、ターゲット(Tgt)に係る目標信号であるとして、ターゲット(Tgt)を検出する。

[0067] 以上のとおり実施の形態4に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、LPRFシステムで作成された距離速度マップ(M_{rd1})と、HPRFシステムで作成された距離速度マップ(M_{rd2})と、をコヒーレント積分することができる。この作用により実施の形態4に係るレーダ装置は、実施の形態1で示された効果に加え、SN比を改善できる、という効果を奏する。

[0068] 実施の形態5.

実施の形態5に係るレーダ装置は、本開示技術に係るレーダ装置の変形例である。特に明記する場合を除き、実施の形態5では、既出の実施の形態で用いられた符号と同じものが用いられる。また実施の形態5では、既出の実施の形態と重複する説明が、適宜、省略される。

[0069] 実施の形態5に係るレーダ装置は、LPRF用送信機110とHPRF用送信機210とが、複数のCPI(Coherent Processing Interval)に渡って送信することを想定したものである。

[0070] 図18は、実施の形態5に係るレーダ装置における部分的な機能ブロックの態様を示す説明図である。図18に示されるとおり、本開示技術に係るレーダ装置は、最大比合成を併用した信号処理を実施してもよい。

[0071] 図19は、実施の形態5に係るレーダ装置における積分処理部760の詳細な機能構成を示すブロック図である。図19に示されるとおり、最大比合成を併用した信号処理は、積分処理部760が、メモリ回路と、最大比合成部と、を含むことにより実現されてよい。また最大比合成部は、相関行列生成部と、重み算出部と、加算処理部と、CPI方向PDIと、を含んでいてよい。

[0072] 図20は、実施の形態5に係るレーダ装置が複数のCPIに渡って送受信する様子を表した時系列の説明図である。図20に記載されている「CPI番号 N_{cpi} 」における N_{cpi} は、CPIの総数である。

[0073] 《実施の形態5に係る積分処理部760》

実施の形態5に係る積分処理部760が有するメモリ回路は、信号を、CPI単位で伝達される信号として格納する構成要素である。

実施の形態5に係る積分処理部760が有する相関行列生成部は、伝達された信号の相関行列を生成する構成要素である。

実施の形態5に係る積分処理部760が有する重み算出部は、相関行列の最大固有値に対応する固有ベクトルを重みとして出力する構成要素である。

実施の形態5に係る積分処理部760が有する加算処理部は、重みを用いて加算処理を行う構成要素である。

実施の形態5に係る積分処理部760が有するCPI方向PDIは、CPI方向にインコヒーレント積分を行う構成要素である。

[0074] 前述のとおり、実施の形態5に係るレーダ装置は、LPRF用送信機110とHPRF用送信機210とが、複数のCPIに渡って送信することを想定したものである（以降、この想定を、「実施の形態5に特有の前提」と称する）。すなわち、実施の形態5に係る信号処理系700の補間処理部750においては、LPRF系統の距離速度マップ生成部740-1からも、HPRF系統の距離速度マップ生成部740-2からも、CPI単位で距離速度マップが送られてくる。前述のとおり距離速度マップは、例えば式(3)に例示されるように、 n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el} を引数とする。実施の形態5に係る信号処理系700において距離速度マップは、実施の形態5に特有の前提があるため、この4つの引数に加え、何番目のCPIかを識別する番号（以降、「CPI番号(n_{cpi})」又は単に「 n_{cpi} 」と称する）をさらに引数として加える必要がある。

そこで本明細書は、見易さを考慮し、実施の形態5に係る距離速度マップを表すときに、引数において n_r 、 n_d 、 n_{az} 、及び n_{el} を省略し、 n_{cpi} の

みを記載する。

[0075] 前述のとおり実施の形態5に係る積分処理部760が有する相関行列生成部は、伝達された信号の相関行列を生成する。具体的に、積分処理部760が有する相関行列生成部は、以下の式で与えられる相関行列（R）を生成する。

$$R := A^H A$$

wherein

$$A := \begin{bmatrix} M_{rd1}(1), & M_{rd2}(1) \\ M_{rd1}(2), & M_{rd2}(2) \\ \vdots & \vdots \\ M_{rd1}(n_{cpi}), & M_{rd2}(n_{cpi}) \\ \vdots & \vdots \\ M_{rd1}(N_{cpi}), & M_{rd2}(N_{cpi}) \end{bmatrix} \quad \dots \quad (22)$$

ここで、式（22）で示されたA行列に付された上付添え字のHは、エルミート転置を表す。式（22）に登場する N_{cpi} は、図20に登場する N_{cpi} と同様、CPIの総数である。すなわち n_{cpi} は、1から N_{cpi} までの自然数をとる。式（22）に示されるA行列の行サイズは、 N_{cpi} である。

[0076] 前述のとおり実施の形態5に係る積分処理部760が有する重み算出部は、重み係数を算出するために、相関行列（R）の最大固有値（ λ_{max} ）に対応する固有ベクトル（ w_{max} ）を算出する。相関行列（R）の最大固有値（ λ_{max} ）及び固有ベクトル（ w_{max} ）は、以下の関係を有する。

$$\begin{aligned} R w_{max} &= \lambda_{max} w_{max} \\ w_{max} &= \begin{bmatrix} w_{max,1} \\ w_{max,2} \end{bmatrix} \quad \dots \quad (23) \end{aligned}$$

式（23）下段は、固有ベクトル（ w_{max} ）を成分表示したものだが、固有ベクトル（ w_{max} ）の成分（ $w_{max,1}$ と $w_{max,2}$ ）が、重み係数として使われる。

[0077] 前述のとおり実施の形態5に係る積分処理部760が有する加算処理部は、重み付きの加算処理を実施する。加算処理部が実施する重み付きの加算処理は、具体的には、以下の式で与えられる。

$$M_{rd}(n_{cpi}) := w_{max,1} M_{rd1}(n_{cpi}) + w_{max,2} M_{rd2}(n_{cpi}) \quad \dots \quad (24)$$

式(24)は、相関行列(R)の最大固有値(λ_{max})に対応する固有ベクトル(w_{max})による重み付きの加算処理であり、最大比合成を実現するものである。実施の形態5に係る式(24)は、実施の形態4に係る式(20)と対応するものである。

[0078] 前述のとおり実施の形態5に係る積分処理部760が有するCPI方向PDIは、加算処理部の処理結果(M_{rd})を、CPI方向にインコヒーレント積分を行う。CPI方向PDIが実施するCPI方向へのインコヒーレント積分は、具体的には、以下の式で与えられる。

$$p_{rd} = \sum_{n_{cpi}=1}^{N_{cpi}} |M_{rd}(n_{cpi})|^2 \quad \dots \quad (25)$$

実施の形態5に係る式(25)は、実施の形態1に係る式(3)、及び実施の形態4に係る式(21)、と対応するものである。

[0079] 以上のとおり実施の形態5に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、LPRF系統で作成された距離速度マップ(M_{rd1})と、HPRF系統で作成された距離速度マップ(M_{rd2})と、を最大比合成することができる。この作用により実施の形態5に係るレーダ装置は、実施の形態1で示された効果に加え、SN比を改善できる、という効果を奏する。

[0080] 実施の形態6.

実施の形態6に係るレーダ装置は、本開示技術に係るレーダ装置の変形例である。特に明記する場合を除き、実施の形態6では、既出の実施の形態で用いられた符号と同じものが用いられる。また実施の形態6では、既出の実施の形態と重複する説明が、適宜、省略される。

[0081] 実施の形態1から実施の形態5までにおいては、アンビギュイティが(より正確に言えば、アンビギュイティを含む虚像が)、理論的に求まる位置に現れることを前提としていた。実施の形態6に係るレーダ装置は、距離速度マップにおいて、実測によるプロットの位置が、理論的に求まる位置から多少ずれる場合を想定したものである。

[0082] 図21は、実施の形態6に係るレーダ装置における部分的な機能ブロック

の態様を示す説明図である。図 2 1 に示されるとおり、本開示技術に係るレーダ装置は、目標検出処理部 3 0 0 0 が、対応関係検出処理部と、範囲設定型 2 中 1 検出処理部と、から構成される範囲型目標判定処理部により実現されてもよい。

[0083] 《実施の形態 6 に係る目標検出処理部 3 0 0 0》

実施の形態 6 に係る目標検出処理部 3 0 0 0 が有する範囲設定型 2 中 1 検出処理部は、アンビギュイティが発生している位置の近辺にある信号も、ターゲット (T g t) に係る目標信号のアンビギュイティの範囲だと設定し、その後に 2 中 1 検出処理を実施する構成要素である。「アンビギュイティが発生している位置の近辺」が意味するところは、以下の図 2 2 の説明により明らかとなる。

[0084] 図 2 2 は、実施の形態 6 に係るレーダ装置が、アンビギュイティ範囲を設定している様子を説明する距離速度マップである。図 2 2 が例示する距離速度マップにおいて、中央の「目標信号」と記された円は、アンビギュイティを含まない、ターゲット (T g t) に係る目標信号の実像を示している。図 2 2 が例示する距離速度マップにおいて、中央ではない位置にプロットされているその他の円は、アンビギュイティを含んだ、ターゲット (T g t) に係る目標信号の虚像を示している。ターゲット (T g t) に係る目標信号の虚像を示す円の外側にある破線の円は、実施の形態 6 に係る目標検出処理部 3 0 0 0 が範囲設定するエリアを示したものである。

なお、図 2 2 は、ターゲット (T g t) が 1 つである場合の距離速度マップの例示である。

[0085] 実施の形態 6 に係るレーダ装置は、目標検出処理部 3 0 0 0 により範囲設定されたエリア内に現れたプロットを、対象のターゲット (T g t) に関する虚像である、と判定する。

[0086] 以上のとおり実施の形態 6 に係るレーダ装置は上記構成を備えるため、対象のターゲット (T g t) に関する虚像が理論的に求まる位置から多少ずれて現れた場合でも、対象のターゲット (T g t) に関する情報として処理す

ることができる。

[0087] なお、本開示技術に係るレーダ装置は、各実施の形態に例示した態様に限定されず、各実施の形態を組み合わせし、実施の形態のそれぞれの任意の構成要素を変形し、又は実施の形態のそれぞれにおいて任意の構成要素を省略することができる。

産業上の利用可能性

[0088] 本開示技術に係るレーダ装置は、観測対象であるターゲットの位置及び速度を計測する技術分野に応用できるため、産業上の利用可能性を有する。

符号の説明

[0089] 100 LPRFレーダ送信系、110 LPRF用送信機、120 LPRF送信アンテナ、200 HPRFレーダ送信系、210 HPRF用送信機、220 HPRF送信アンテナ、600 受信系、610 素子アンテナ、620 ビーム形成部、630 帯域通過フィルタ、640 受信機、650 ミキシング部、700 信号処理系、710 AD変換器、720 パルスヒット方向処理部、730 パルス圧縮部、730-F-1 受信パルス用FFT部、730-F-2 パルス方向CZT部、730-F-3 参照パルス生成部、730-F-4 参照パルス用FFT部、730-F-5 乗算部、730-F-6 IFFT処理部、740 距離速度マップ生成部、750 補間処理部、760 積分処理部、770 比較処理部、1000 LPRFレーダ装置、2000 HPRFレーダ装置、3000 目標検出処理部。

請求の範囲

- [請求項1] L P R F の電波を大気に向けて照射し、ターゲットで反射した反射波を受信する L P R F レーダ装置と、
- H P R F の電波を大気に向けて照射し、前記ターゲットで反射した前記反射波を受信する H P R F レーダ装置と、を備え、
- 前記 L P R F レーダ装置及び前記 H P R F レーダ装置は、それぞれ、L P R F 系統と H P R F 系統とを有する信号処理系を含み、
- 前記 L P R F レーダ装置が有する前記信号処理系から送られる情報と、前記 H P R F レーダ装置が有する前記信号処理系から送られる情報と、に基づいて、前記ターゲットの位置及び速度を検出する目標検出処理部をさらに備える、
- レーダ装置。
- [請求項2] 前記 L P R F レーダ装置は、
- L P R F 用送信機と、L P R F 送信アンテナと、を含む L P R F レーダ送信系と、
- L P R F パルスの帯域と、H P R F パルスの帯域との、それぞれ用のバンドパスフィルタから構成される帯域通過フィルタ、を含む受信系と、をさらに備え、
- 前記信号処理系は、前記受信系から送られた信号を処理する、請求項 1 に記載のレーダ装置。
- [請求項3] 前記 H P R F レーダ装置は、
- H P R F 用送信機と、H P R F 送信アンテナと、を含む H P R F レーダ送信系と、
- L P R F パルスの帯域と、H P R F パルスの帯域との、それぞれ用のバンドパスフィルタから構成される帯域通過フィルタ、を含む受信系と、をさらに備え、
- 前記信号処理系は、前記受信系から送られた信号を処理する、請求項 1 に記載のレーダ装置。

[請求項4] 前記L P R Fレーダ装置及び前記H P R Fレーダ装置がともに有する前記信号処理系は、それぞれ、

距離速度マップを生成する距離速度マップ生成部と、

前記L P R F系統により得られた情報と、前記H P R F系統により得られた情報と、を考慮して、前記距離速度マップにおけるレンジビン及びドップラビンを補間し補正する補間処理部と、

積分処理を実施する積分処理部と、

前記積分処理部で処理された信号の成分を、あらかじめ設定された閾値と比較する比較処理部と、を備える、

請求項1に記載のレーダ装置。

[請求項5] 前記目標検出処理部は、

前記L P R Fレーダ装置における前記信号処理系から送られる構造体の情報と、前記H P R Fレーダ装置における前記信号処理系から送られる構造体の情報と、を比較し、前記ターゲットのうち或る同一のものがそれぞれの構造体において何番目のレコードに登場するかを確認し、

前記L P R Fレーダ装置と前記H P R Fレーダ装置とのうち、いずれか一方のみで検出された結果も、検出結果として出力できるように処理する、

請求項1に記載のレーダ装置。

[請求項6] 前記積分処理部が行う積分処理は、P o s t D e t e c t i o n I n t e g r e t i o nである、

請求項4に記載のレーダ装置。

[請求項7] 前記信号処理系は、

事前に想定される前記ターゲットの速度集合を用いて、ドップラ周波数による信号の位相回転を補正した上で、パルスヒット方向へのコヒーレント積分を実施するパルスヒット方向処理部と、

ドップラによる目標信号パワースペクトルの周波数シフトを補正し

、パルス圧縮を実施するパルス圧縮部と、をさらに備える、
請求項4に記載のレーダ装置。

[請求項8] 前記信号処理系は、
距離方向のFFTを実施する受信パルス用FFT部と、
パルスヒット方向のチャープ変換を行うパルス方向CZT部と、
パルス圧縮処理に使用される参照パルスを生成する参照パルス生成部と、
前記参照パルスに対してFFTを実施する参照パルス用FFT部と、
、
前記パルス方向CZT部からの信号と、前記参照パルス用FFT部からの信号と、を掛け合わせる乗算部と、
逆フーリエ変換を実施するIFFT処理部と、を含む、
請求項4に記載のレーダ装置。

[請求項9] 前記積分処理部は、複数のバンドパスフィルタからなるフィルタバンクを有し、
前記目標検出処理部は、前記バンドパスフィルタのそれぞれを通過した信号成分に対し、目標検出処理を実施する、
請求項4に記載のレーダ装置。

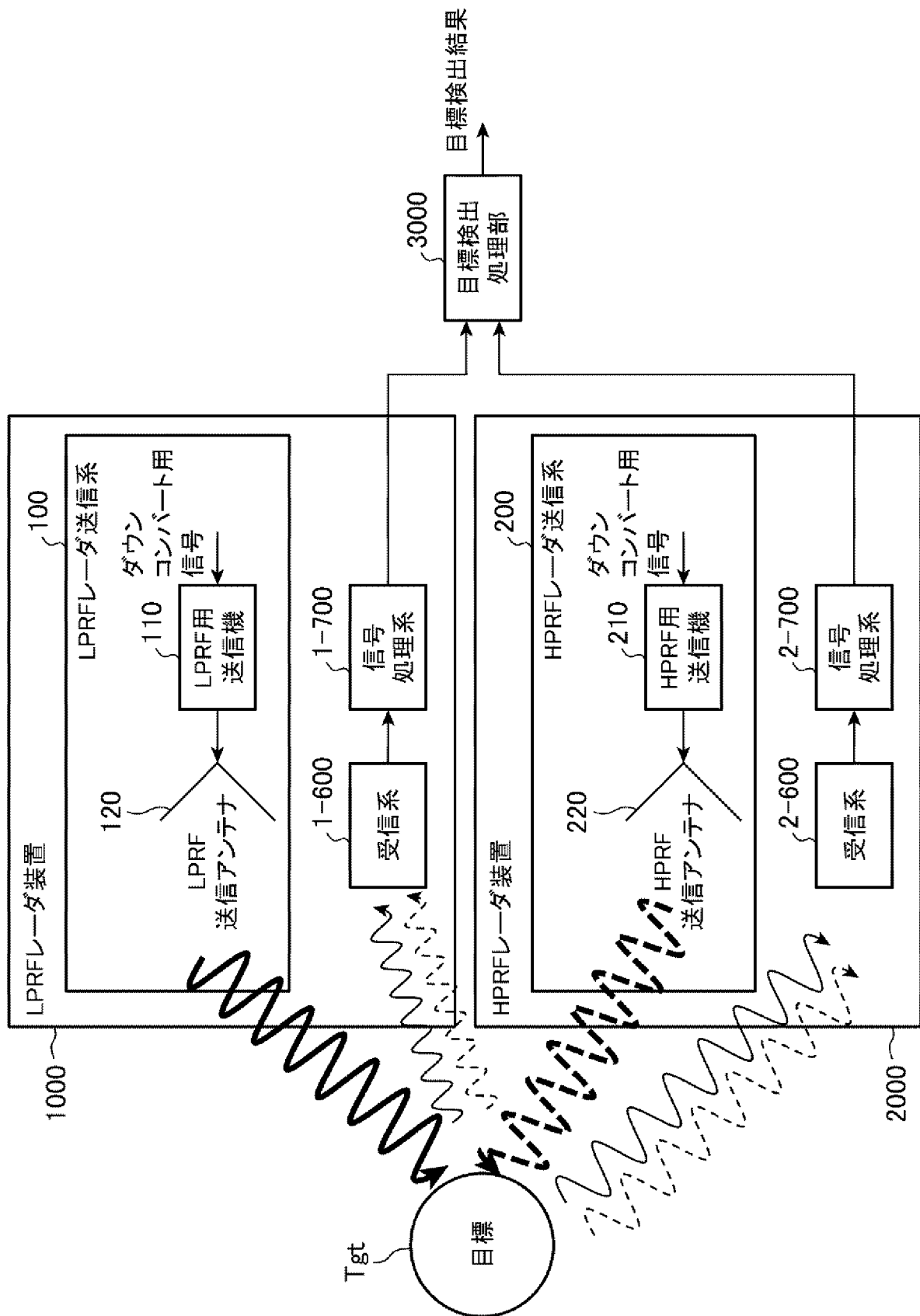
[請求項10] 前記積分処理部は、
CPI単位で伝達された信号の相関行列を生成する相関行列生成部と、
前記相関行列の最大固有値に対応する固有ベクトルを重みとして出力する重み算出部と、
前記重みを用いて加算処理を行う加算処理部と、
CPI方向にインコヒーレント積分を行うCPI方向PDIと、を含む、
請求項4に記載のレーダ装置。

[請求項11] 前記目標検出処理部は、

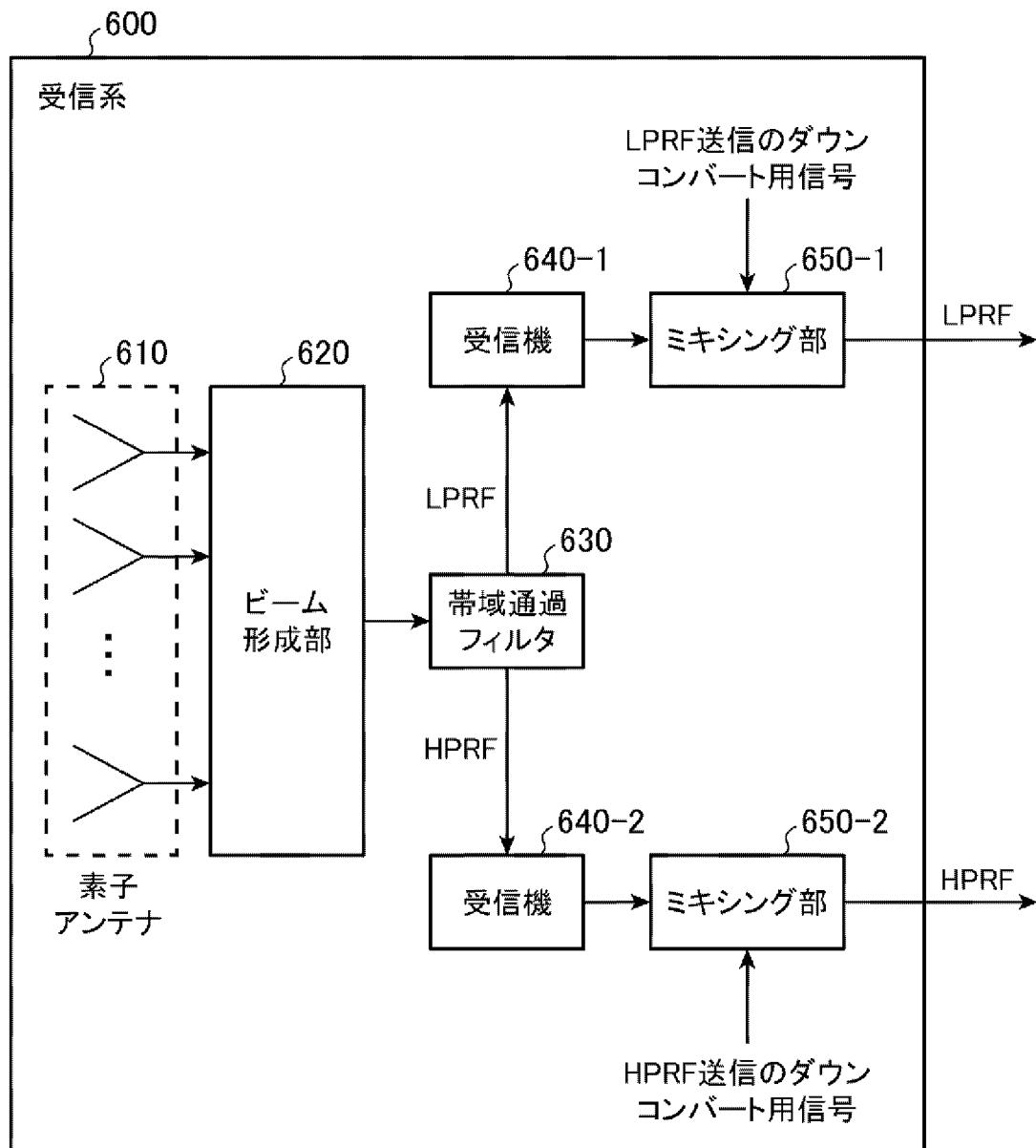
アンビギュイティが発生している位置の近辺にある信号も、前記ターゲットに係る目標信号の前記アンビギュイティの範囲だと設定する、

請求項 5 に記載のレーダ装置。

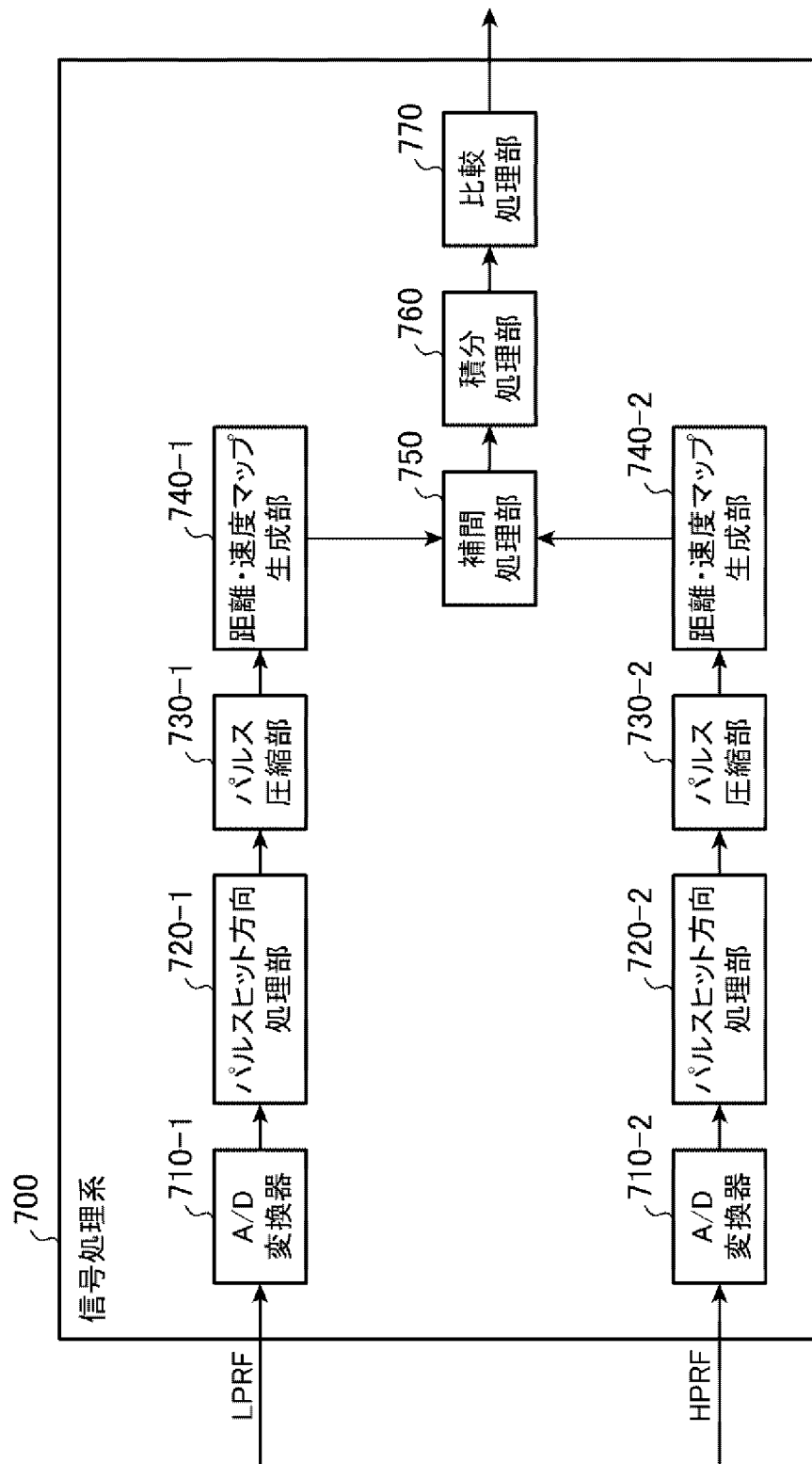
[図1]



[図2]

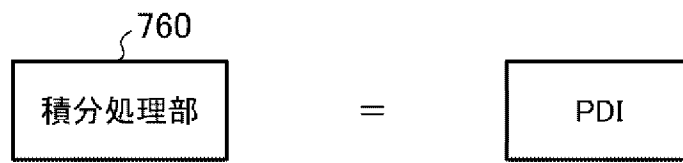


[図3]

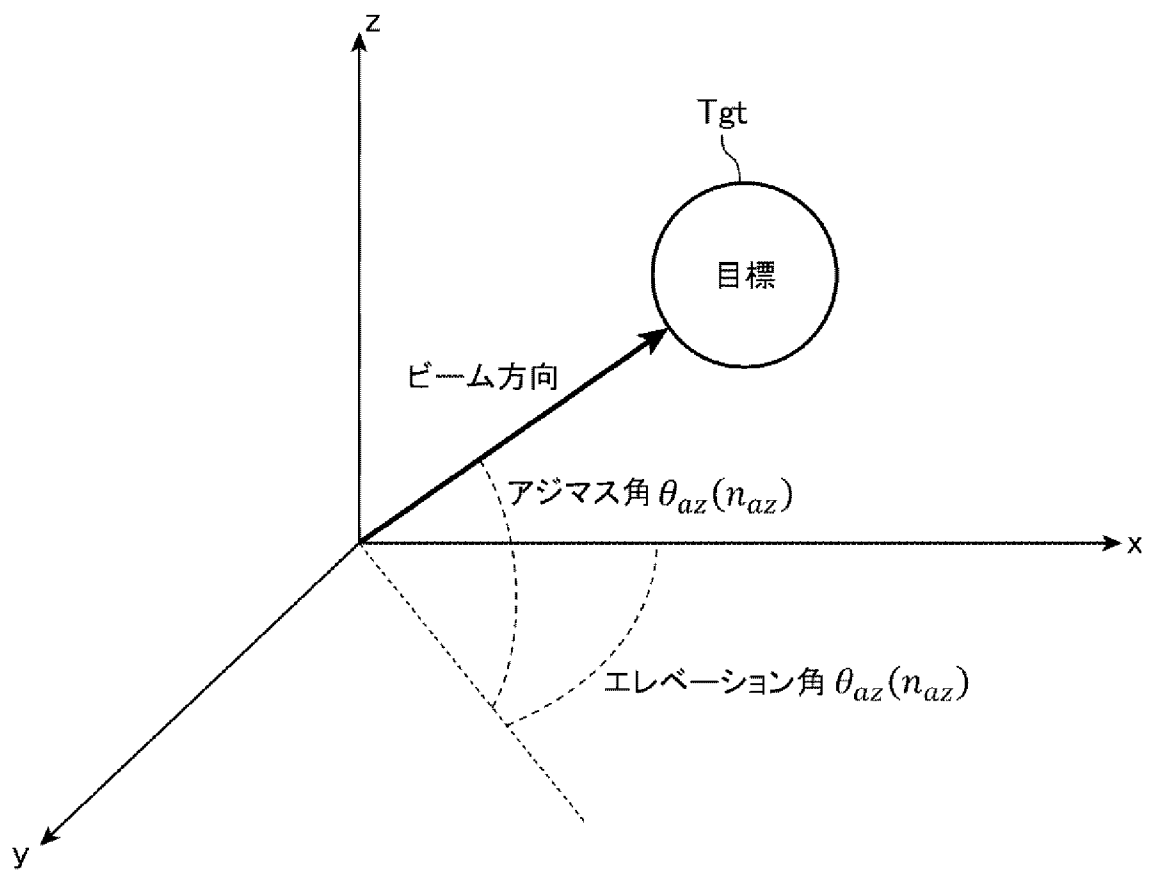


※アンビギュエティを考慮した距離・速度マップ

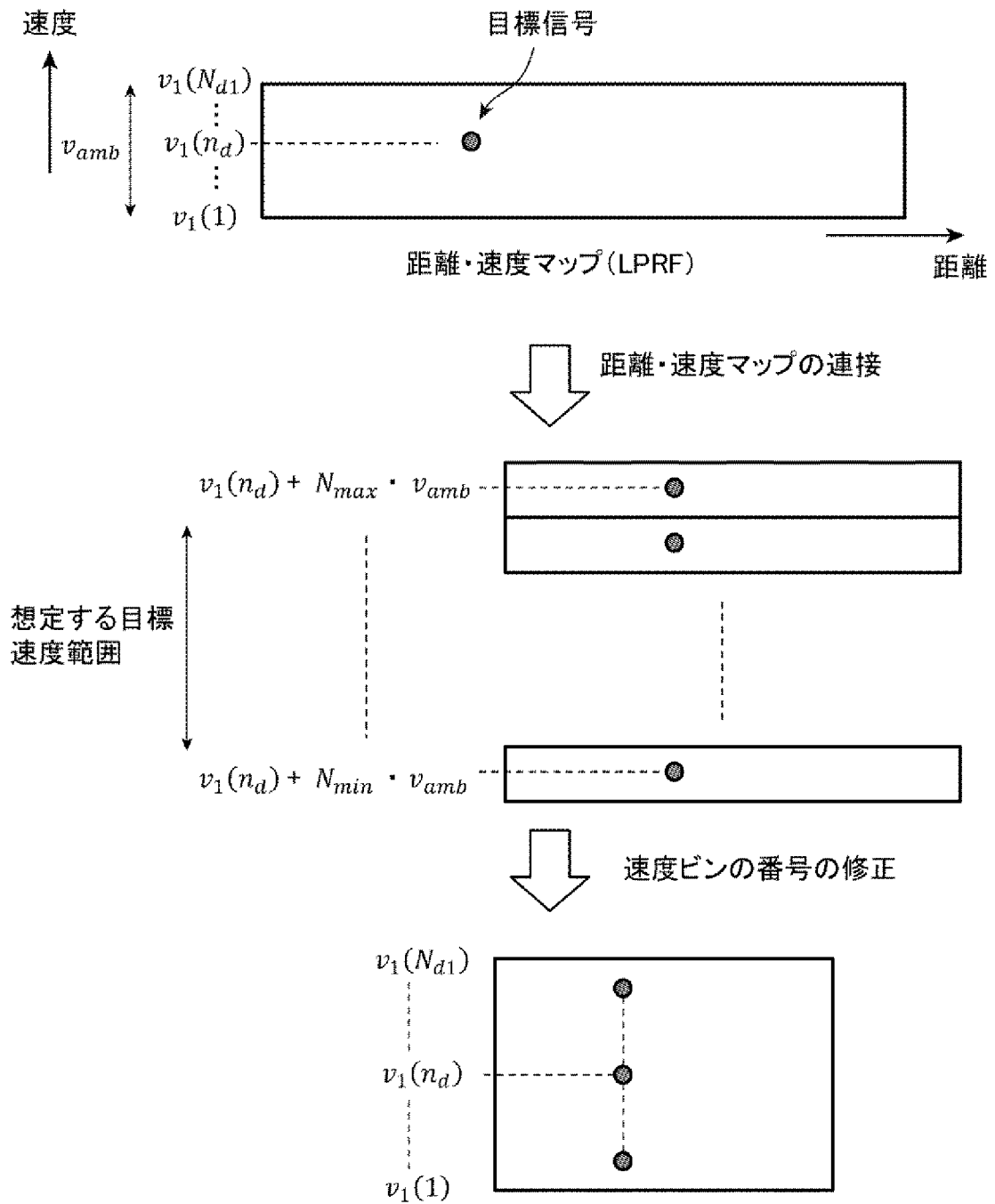
[図4]



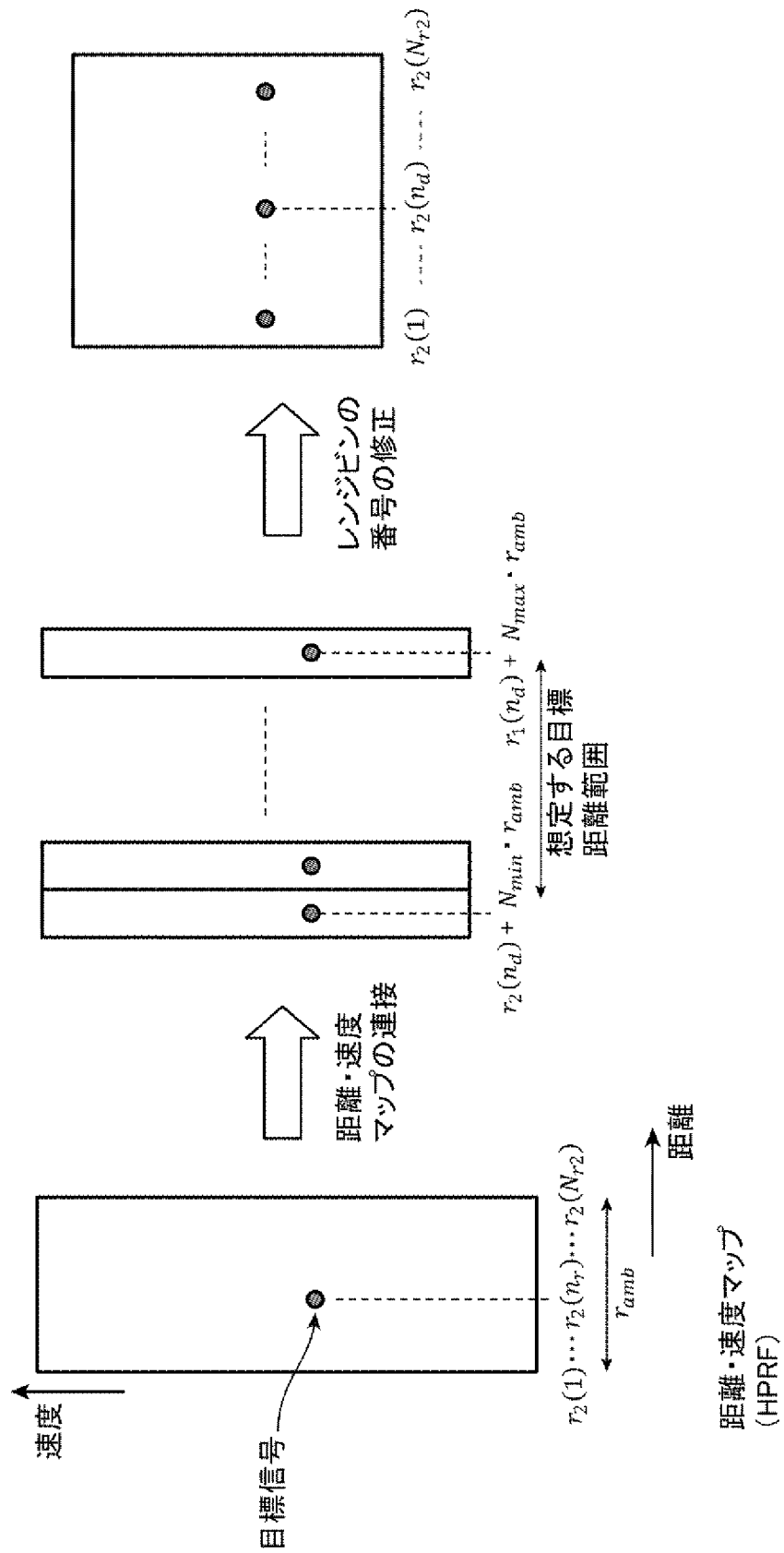
[図5]



[図6]

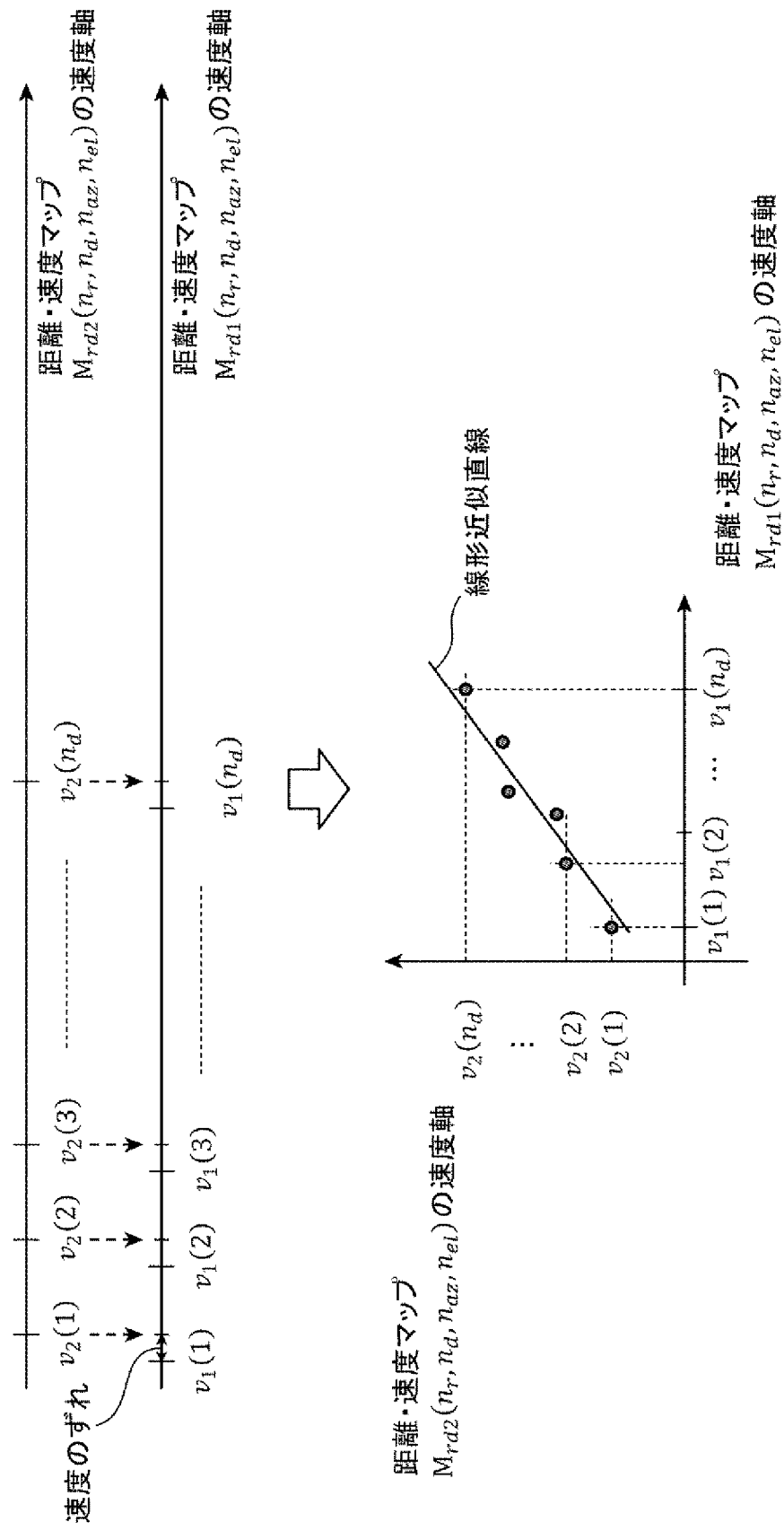


[図7]



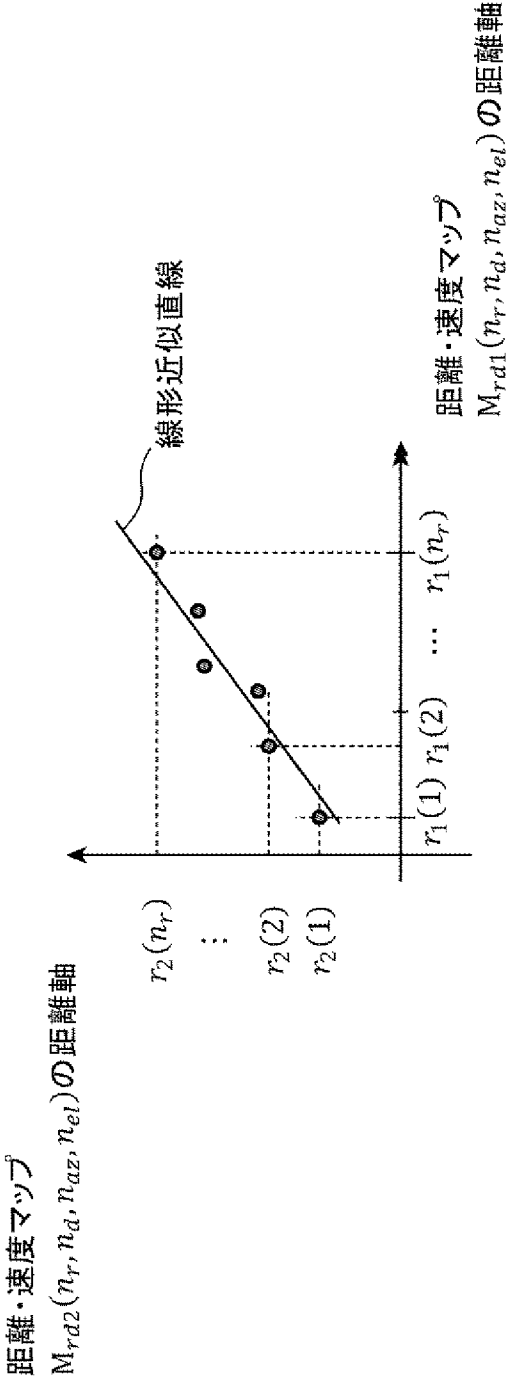
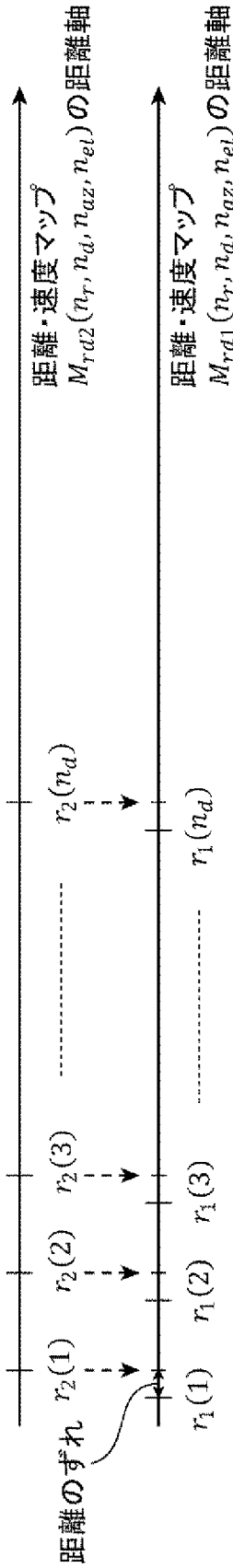
[図8]

速度軸の補正

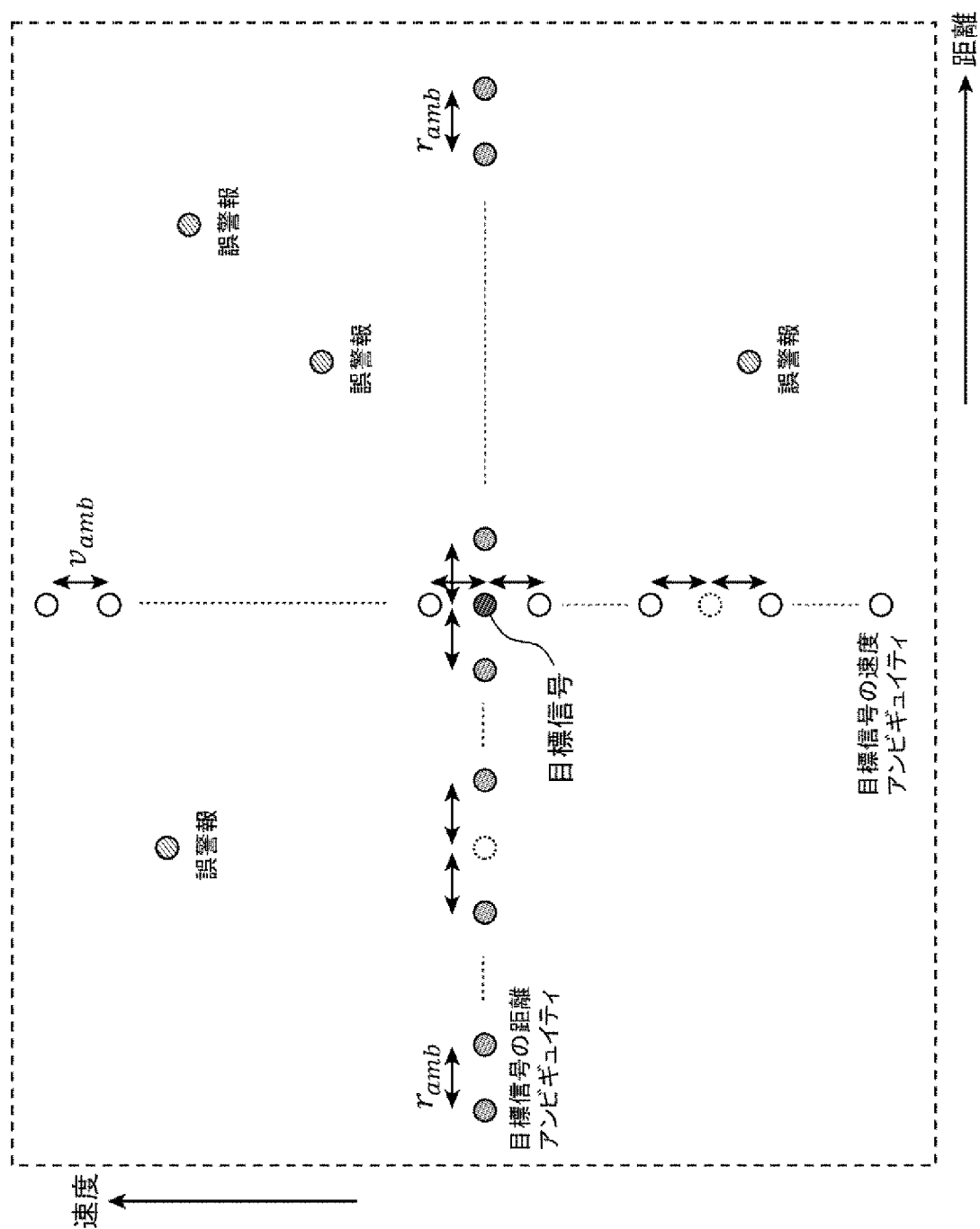


[図9]

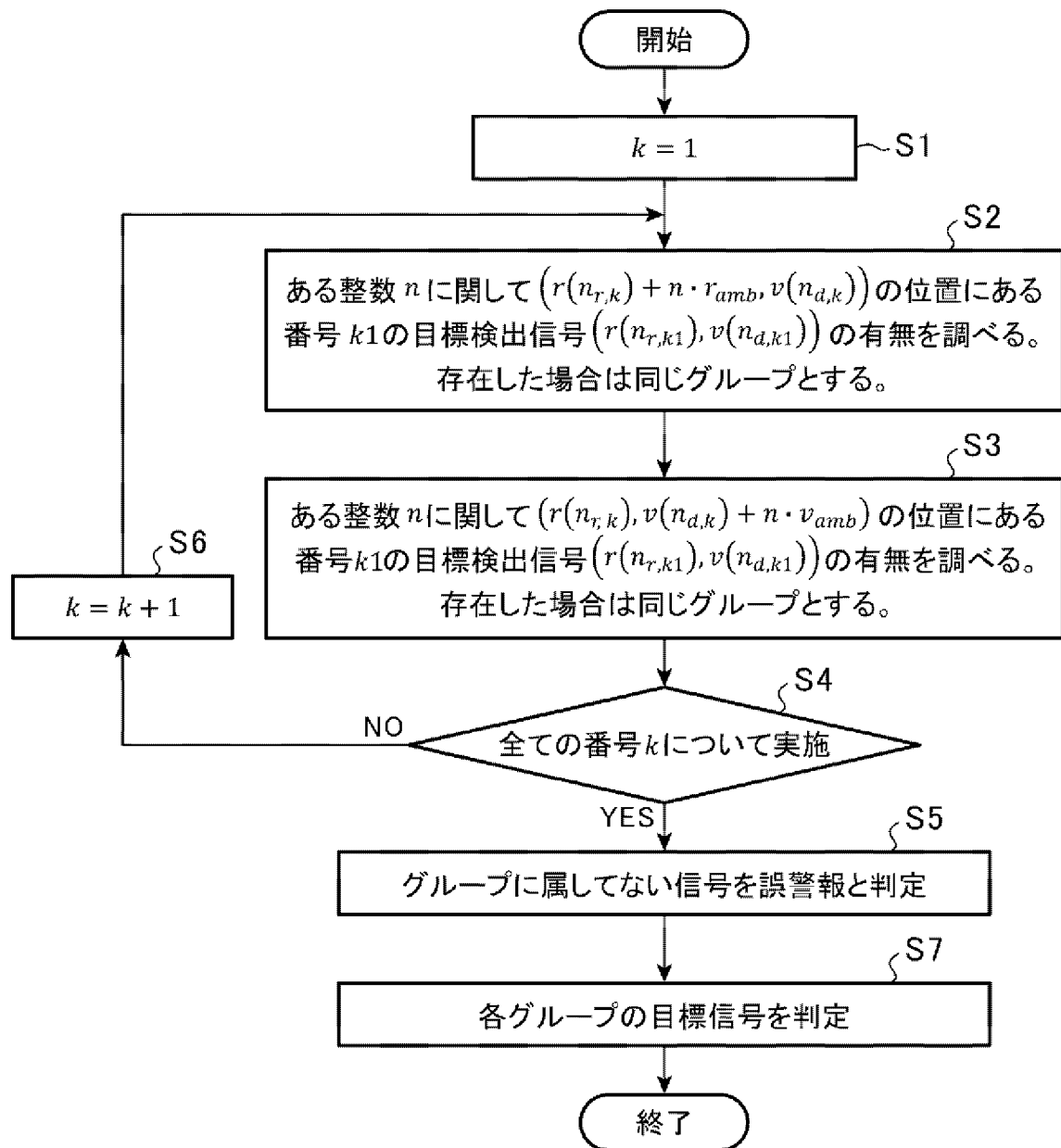
距離軸の補正



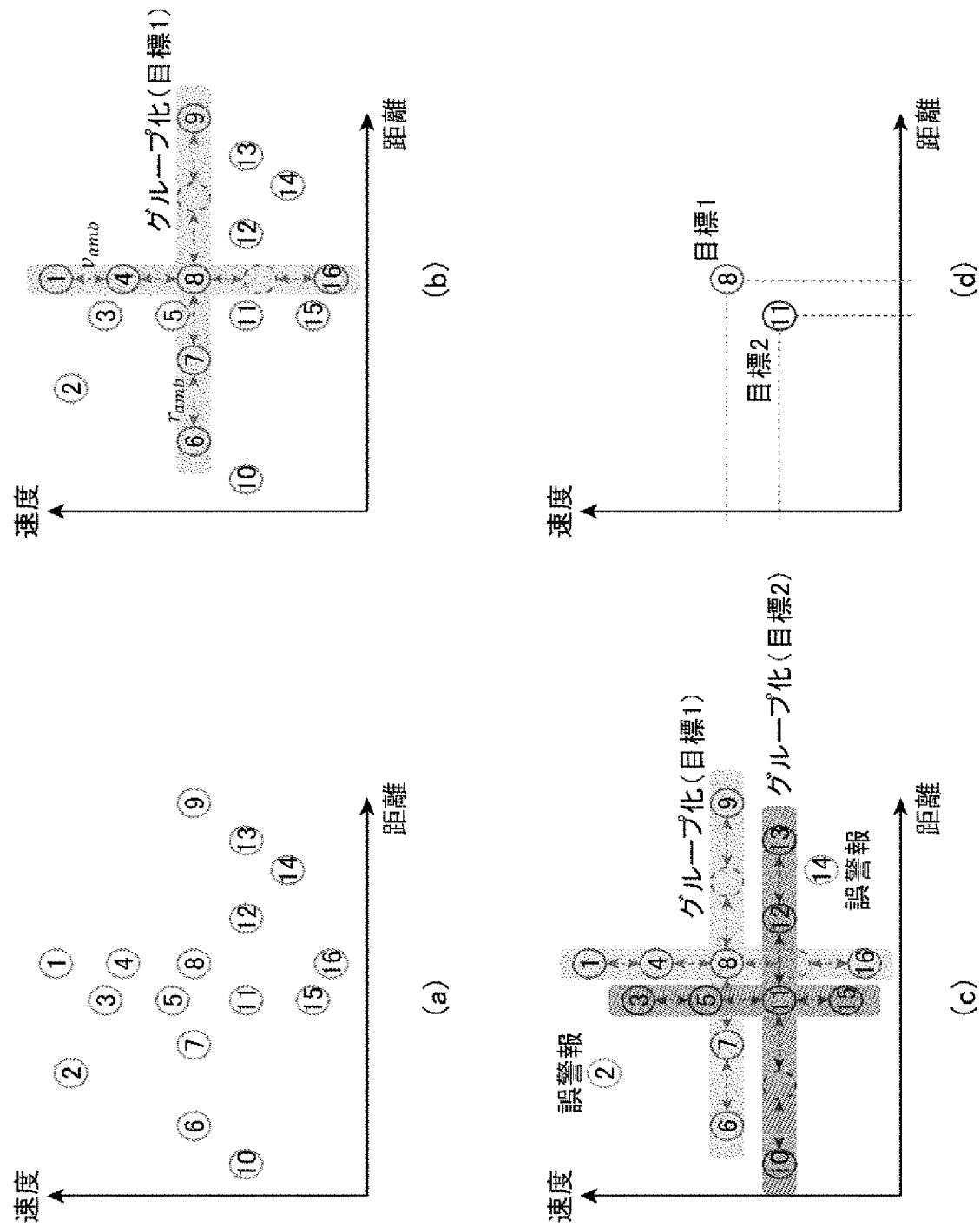
[図10]



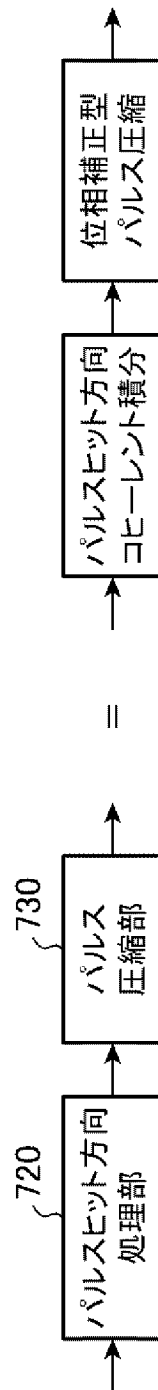
[図11]



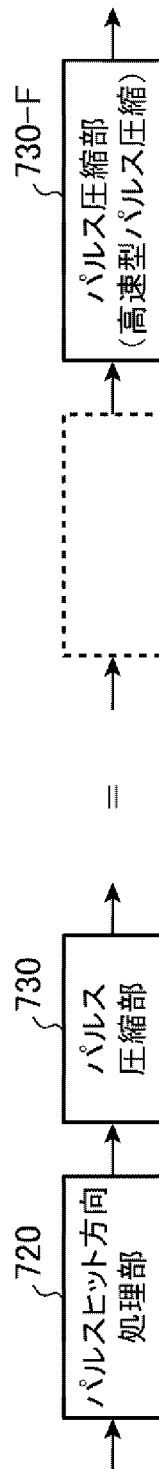
[図12]



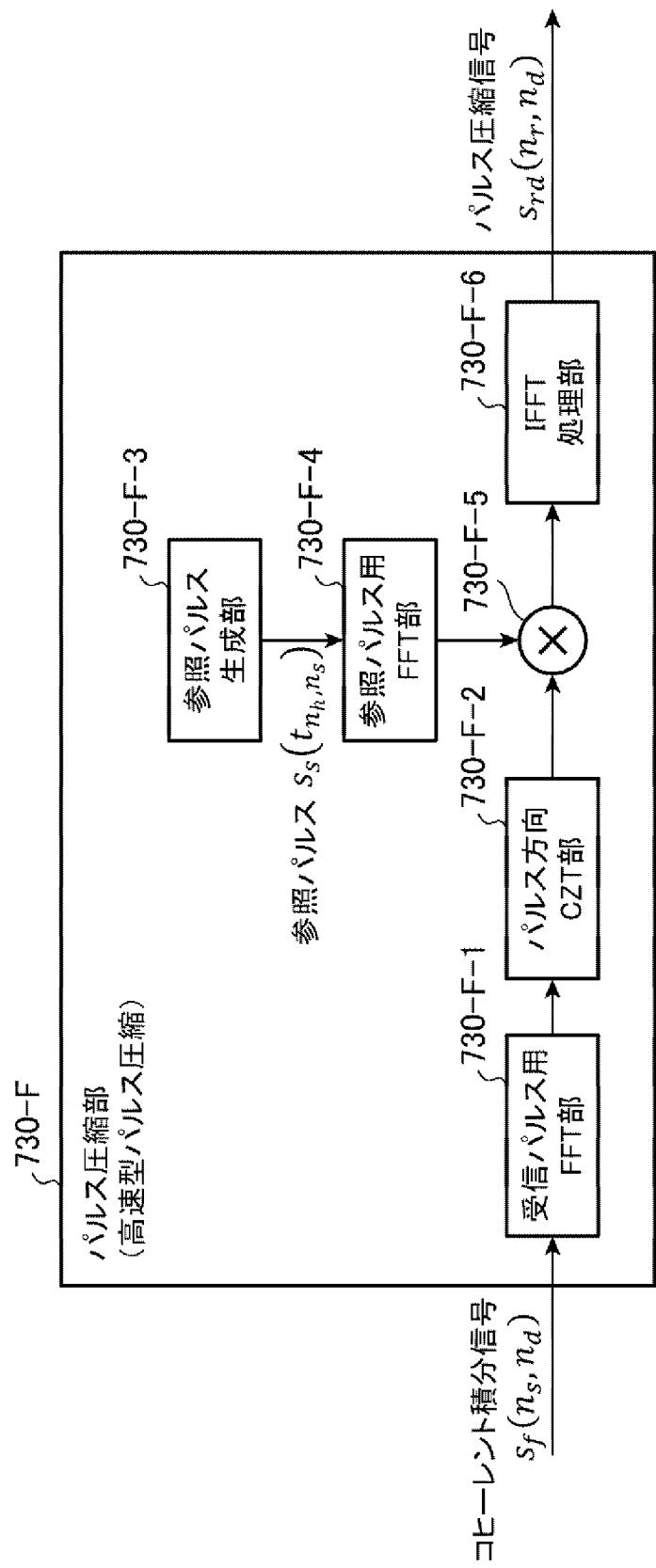
[図13]



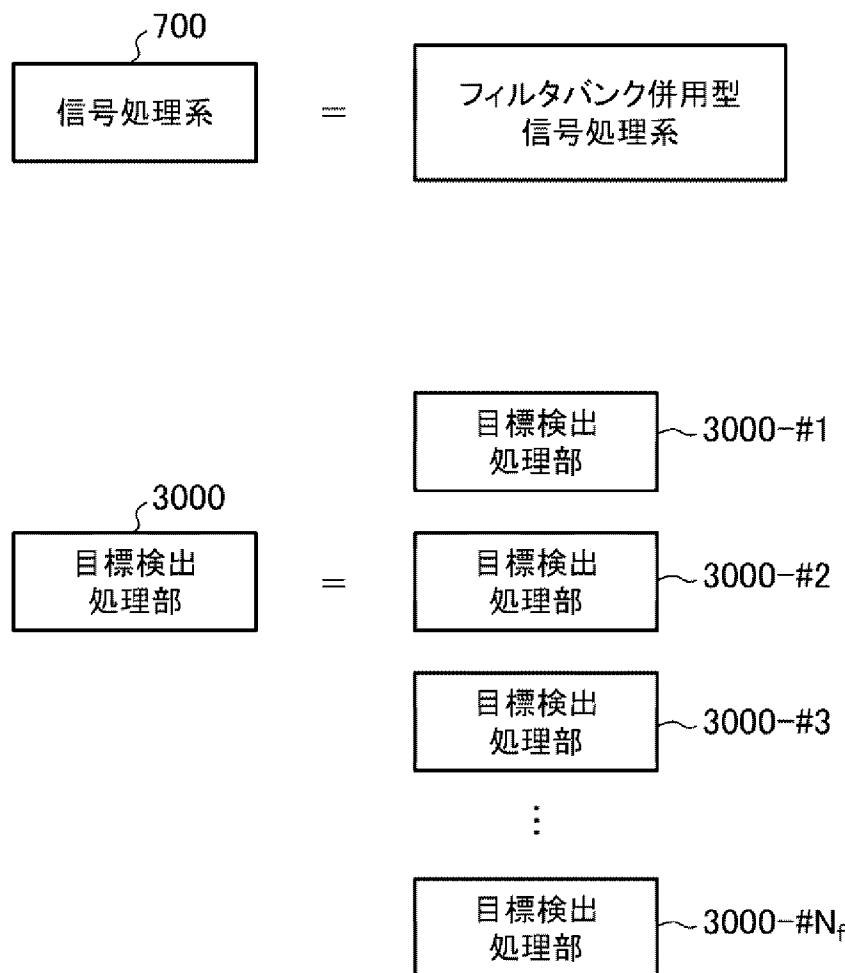
[図14]



[図15]



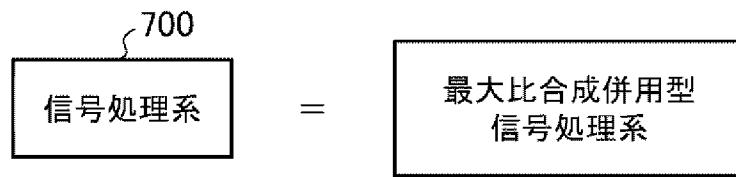
[図16]



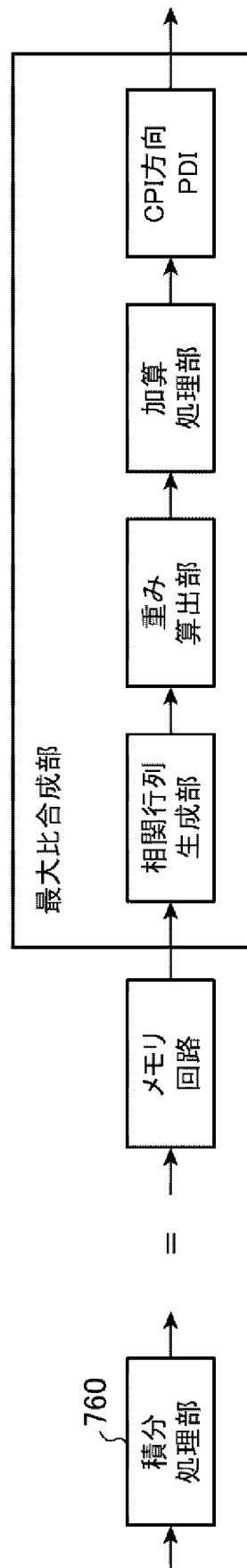
[図17]



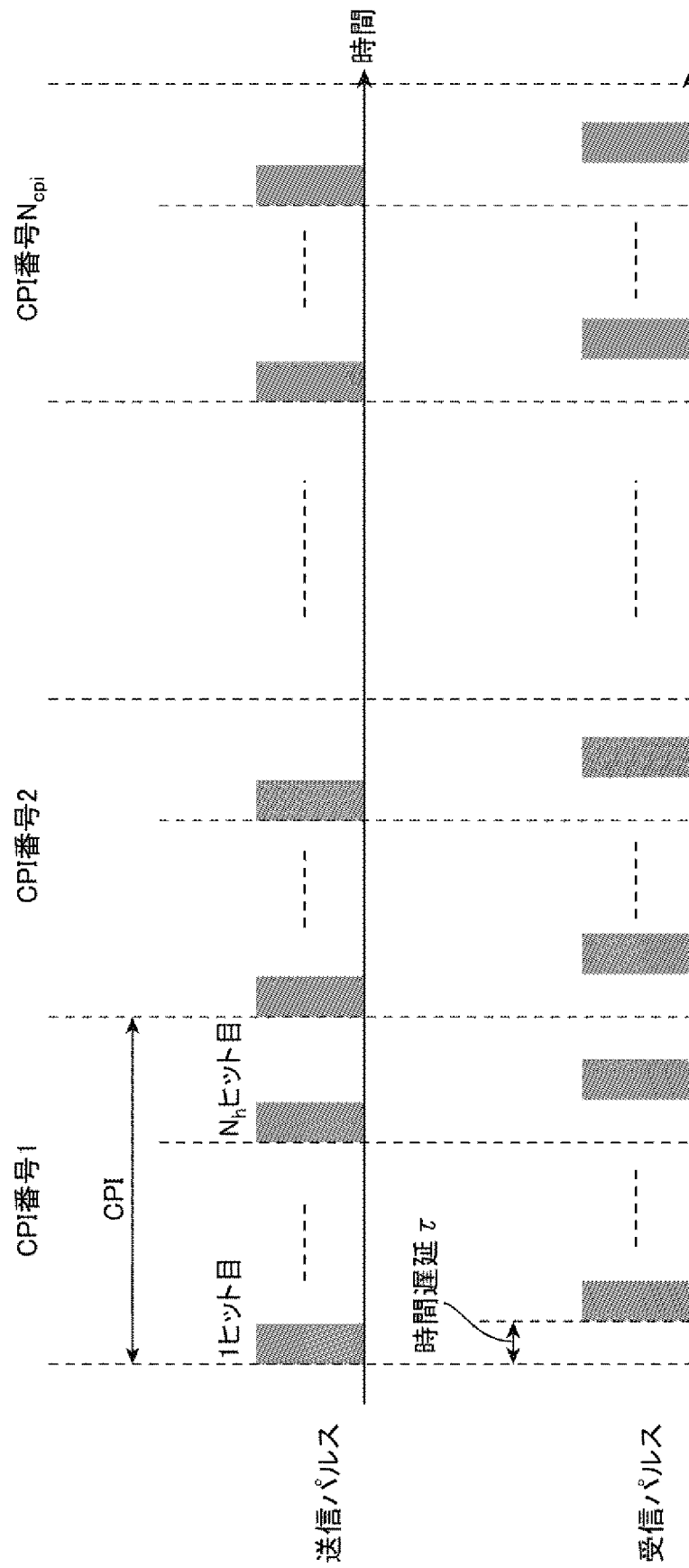
[図18]



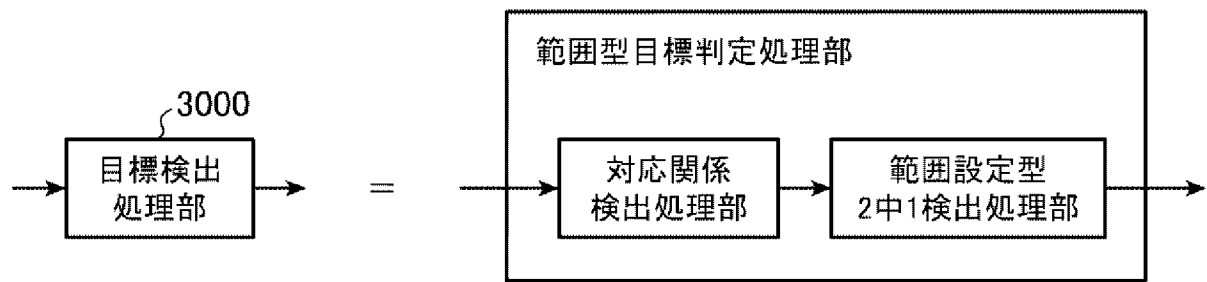
[図19]



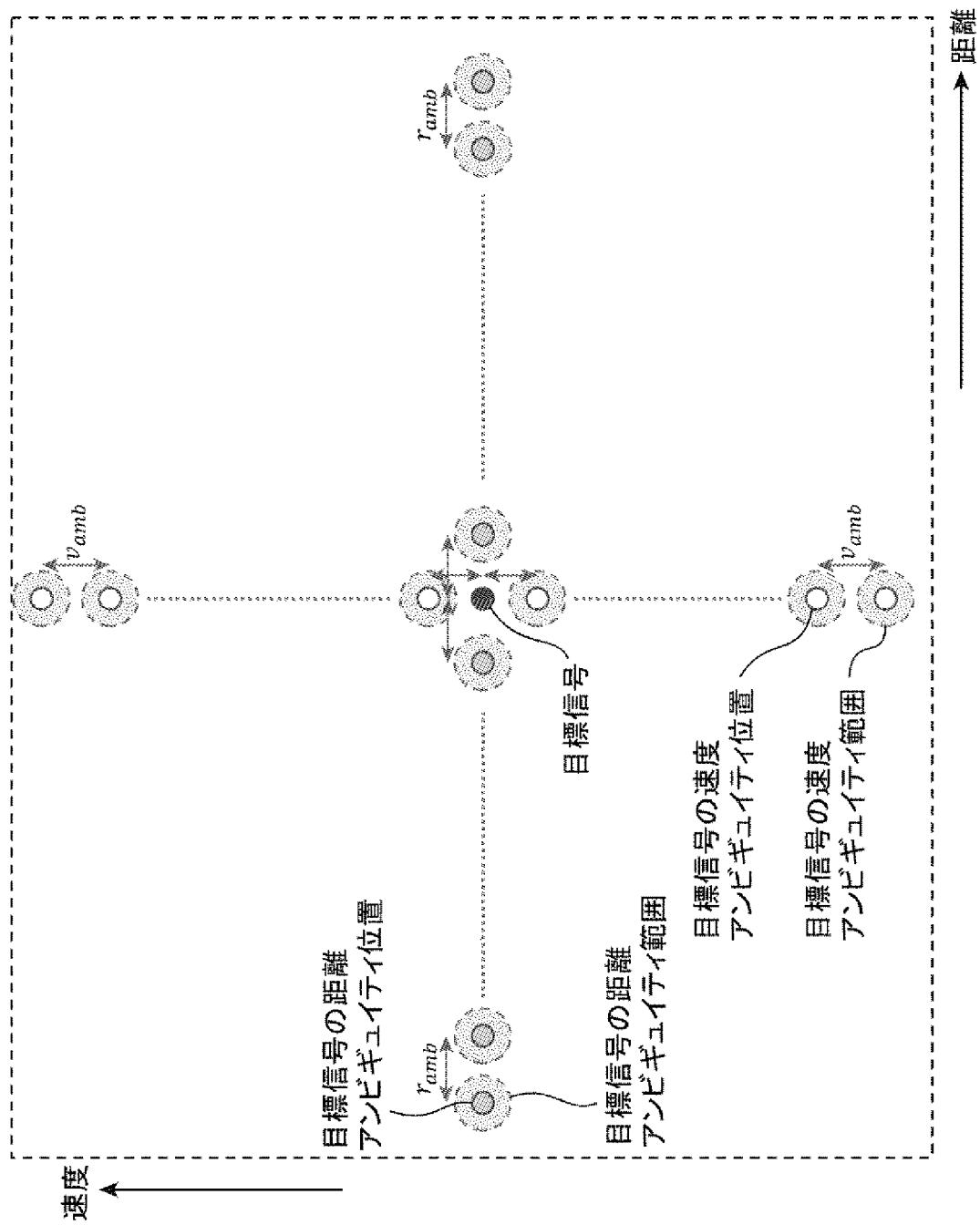
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/022574

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 13/87**(2006.01)i

FI: G01S13/87

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)

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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	JP 2011-520127 A (COLORADO STATE UNIVERSITY RESEARCH FOUNDATION) 14 July 2011 (2011-07-14) paragraphs [0021]-[0022], [0030], [0062], fig. 1-2	1-3
A	US 7696921 B1 (FINLEY, Jeffery A. et al.) 13 April 2010 (2010-04-13) entire text, all drawings	1-11
A	JP 2006-349471 A (TOSHIBA CORP) 28 December 2006 (2006-12-28) entire text, all drawings	1-11
A	US 5302955 A (SCHUTTE, Peter C. et al.) 12 April 1994 (1994-04-12) entire text, all drawings	1-11



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

24 June 2022

Date of mailing of the international search report

05 July 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/022574

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2011-520127	A	14 July 2011	WO 2009/140143 A1 paragraphs [0034]-[0035], [0043], [0065], fig. 1-2	
US	7696921	B1	13 April 2010	(Family: none)	
JP	2006-349471	A	28 December 2006	(Family: none)	
US	5302955	A	12 April 1994	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 13/87(2006.01)i FI: G01S13/87										
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）） 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2022年									
日本国実用新案登録公報	1996-2022年									
日本国登録実用新案公報	1994-2022年									
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	JP 2011-520127 A（コロラド ステート ユニバーシティー リサーチ ファウンデーション）14.07.2011（2011-07-14） 段落[0021]-[0022], [0030], [0062], 図1-2	1-3								
A	US 7696921 B1（FINLEY, Jeffery A. et al.）13.04.2010（2010-04-13） 全文, 全図	1-11								
A	JP 2006-349471 A（株式会社東芝）28.12.2006（2006-12-28） 全文, 全図	1-11								
A	US 5302955 A（SCHUTTE, Peter C. et al.）12.04.1994（1994-04-12） 全文, 全図	1-11								
☐ 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抵触するものではなく、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 24.06.2022		国際調査報告の発送日 05.07.2022								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 安井 英己 2M 6001 電話番号 03-3581-1101 内線 3216								

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/022574

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2011-520127	A	14.07.2011	W0 2009/140143 A1 段落[0034]-[0035], [0043], [0065], 図1-2	
US	7696921	B1	13.04.2010	(ファミリーなし)	
JP	2006-349471	A	28.12.2006	(ファミリーなし)	
US	5302955	A	12.04.1994	(ファミリーなし)	