

(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
2014 年 12 月 4 日(04.12.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/192530 A1

- (51) 国際特許分類:
G01S 13/95 (2006.01) *G01P 5/00* (2006.01)
G01S 13/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/062658
- (22) 国際出願日: 2014 年 5 月 13 日(13.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-116069 2013 年 5 月 31 日(31.05.2013) JP
- (71) 出願人: 古野電気株式会社(FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 森垣 亮祐(MORIGAKI, Ryosuke); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (JP). 中川 和也(NAKAGAWA, Kazuya); 〒6628580 兵庫県西宮市芦原町 9 番 5 2 号 古野電気株式会社内 Hyogo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

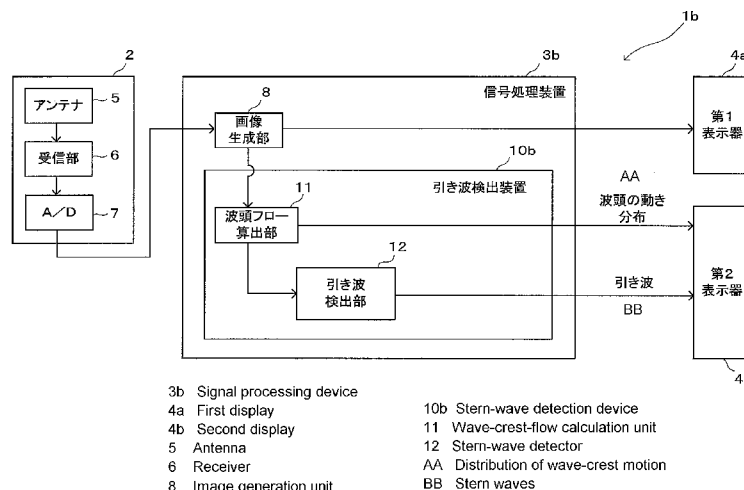
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ
(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: STERN-WAVE DETECTION DEVICE, RADAR DEVICE, STERN-WAVE DETECTION METHOD, AND STERN-WAVE DETECTION PROGRAM

(54) 発明の名称: 引き波検出装置、レーダ装置、引き波検出方法、及び引き波検出プログラム



(57) Abstract: [Problem] To adequately detect stern waves generated by a sailing ship. [Solution] A stern-wave detection device (10b) is configured, which is provided with: a derivation unit (11) for deriving wave-crest velocity vectors, i.e. velocity vectors of wave crests on a water surface at each point in a prescribed range; and a stern-wave detection unit (12) for detecting a plurality of stern-wave velocity vectors by setting, as stern-wave velocity vectors caused by a pair of stern waves generated at a rear of a ship sailing on water, a pair of wave-crest velocity vectors which each face a direction within a prescribed angular range centred on a direction opposite to the orientation of a counterpart wave-crest velocity vector, and which have a speed at least a prescribed value greater than a reference value based on the speed of wave-crest velocity vectors at other points, said pair of wave-crest velocity vectors being from among the wave-crest velocity vectors at each point that are derived by the derivation unit (11).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/192530 A1

【課題】船舶の航行によって発生する引き波を適切に検出する。【解決手段】所定範囲の各地点における水面の波頭の速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出する導出部 11 と、導出部 11 で導出された各地点における波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の引き波速度ベクトルを検出する引き波検出部 12 と、を備えている引き波検出装置 10 b を構成する。

明 細 書

発明の名称：

引き波検出装置、レーダ装置、引き波検出方法、及び引き波検出プログラム

技術分野

[0001] 本発明は、引き波（船舶の航行によって当該船舶の後方に発生する波）を検出する引き波検出装置、引き波検出装置を備えたレーダ装置、引き波を検出するための引き波検出方法、及び引き波検出プログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来より、海面の波頭の動きを推定するための手法として、例えば特許文献1に示すような手法が知られている。具体的には、特許文献1では、海洋レーダによって得られた受信信号に基づいて、波頭の動きを検出している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平11-237477号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、海面の波頭の動きのうち特徴的なものとして、船舶の航行によって当該船舶の後方に発生する波である引き波が知られている。この引き波は、船舶の大きさ及び速度に依存して、その波の高さ及び速度が変化する。

[0005] よって、例えば、自船を航行する際、他船（特に大型船）が高速で航行することによって発生した大きな引き波によって自船が大きく揺らいでしまい、場合によっては転覆するおそれがある。

[0006] 本発明は、上記課題を解決するためのものであり、その目的は、船舶の航行によって発生する引き波を適切に検出することである。

課題を解決するための手段

- [0007] (1) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る引き波検出装置は、所定範囲の各地点における水面の波頭速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出する導出部と、前記導出部で導出された各地点における前記波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい前記一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の該引き波速度ベクトルを検出する引き波検出部と、を備えている。
- [0008] (2) 好ましくは、前記引き波検出装置は、複数の前記引き波速度ベクトルの代表点に基づいて、前記一对の引き波の波峰線を推定する波峰線推定部を更に備えている。
- [0009] (3) 更に好ましくは、前記波峰線推定部は、複数の前記引き波速度ベクトルの代表点の近似関数を算出し、該近似関数に基づいて前記一对の引き波の波峰線を推定する。
- [0010] (4) 好ましくは、前記引き波検出装置は、前記所定範囲における水面の波頭のエコー画像から、所定の画像特徴を検出する画像特徴検出部を更に備え、前記波峰線推定部は、前記画像特徴検出部で検出された前記所定の画像特徴に基づいて、前記一对の引き波の波峰線を推定する。
- [0011] (5) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係るレーダ装置は、電波を送受信するアンテナと、前記アンテナが受信した受信信号に基づいて、所定範囲の各地点における水面の波頭速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出する導出部、を有する、上述したいずれかの引き波検出装置と、前記引き波検出装置で検出された複数の引き波速度ベクトル、前記複数の引き波速度ベクトルの代表点、及び、前記引き波検出装置の波峰線推定部で推定された前記一对の引き波の波峰線、のうちの少なくともいずれかを表示する表示部と、を備えている。

[0012] (6) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る引き波検出方法は、所定範囲の各地点における水面の波頭速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出するステップと、前記ステップで導出された各地点における前記波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい前記一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の該引き波速度ベクトルを検出するステップと、を含む。

[0013] (7) 上記課題を解決するために、この発明のある局面に係る引き波検出プログラムは、所定範囲の各地点における水面の波頭速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出するステップと、前記ステップで導出された各地点における前記波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい前記一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の該引き波速度ベクトルを検出するステップと、を含む。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、船舶の航行によって発生する引き波を検出できる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の実施形態に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図2]図1で示す引き波検出装置によって算出された波頭速度ベクトルの分布状態が、第2表示器へ表示される際の表示例を示す図である。

[図3]図1で示す引き波検出装置の検出結果の表示例を示す図である。

[図4]引き波検出装置の動作を説明するためのフローチャートである。

[図5]引き波検出装置の動作を説明するための図であって、算出対象エリア内

における一部の波頭速度ベクトルのみを示す図である。

[図6]ある方位方向に沿って並ぶ波頭速度ベクトルにおける、自船からの距離とベクトルの絶対値との関係の一例を示すグラフである。

[図7]ある方位方向に沿って並ぶ波頭速度ベクトルにおける、自船からの距離とベクトルの向きとの関係の一例を示すグラフである。

[図8]引き波の波峰線の推定方法について説明するためのグラフである。

[図9]図1で示す引き波検出装置の算出結果の表示例を示す図である。

[図10]変形例に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図11]画像特徴検出部に記憶される画像の一例を示す図である。

[図12]変形例に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図13]図12で示す引き波検出装置の算出結果の表示例を示す図である。

[図14]変形例に係るレーダ装置における、引き波の検出手法を説明するための図である。

[図15]変形例に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図16]変形例に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

[図17]変形例に係るレーダ装置の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0016] 本発明の実施形態に係る引き波検出装置10、及び引き波検出装置10を備えるレーダ装置1について、図を参照して説明する。本発明の実施形態に係るレーダ装置1は、例えば船舶（自船）に装備され、海上の物標（例えば他船）を探知するために用いられる。そして、本実施形態に係るレーダ装置1は、引き波検出装置10によって、他船の引き波（他船の航行によって当該他船の後方に発生する波）を検出できるように構成されている。

[0017] [全体構成]

図1は、本発明の実施形態に係るレーダ装置1の構成を示すブロック図である。レーダ装置1は、図1に示すように、アンテナユニット2と、信号処理装置3と、第1表示器4aと、第2表示器4b（表示部）と、を備えている。

[0018] アンテナユニット 2 は、アンテナ 5 と、受信部 6 と、A/D 変換部 7 と、を含んでいる。

[0019] アンテナ 5 は、指向性の強いパルス状電波を送信（放射）可能なレーダアンテナである。また、アンテナ 5 は、物標からのエコー信号（反射波）を受信するように構成されている。即ち、アンテナ 5 は、物標を特定するエコー信号を受信するように構成されている。レーダ装置 1 は、パルス状電波を送信してからエコー信号を受信するまでの時間を測定する。これにより、レーダ装置 1 は、物標までの距離 r を検出することができる。自船と物標とが向かい合う方向は、距離方向として定義される。

[0020] アンテナ 5 は、水平面上で 360° 回転可能に構成されており、鉛直軸線回りを回転する。アンテナ 5 は、パルス状電波の送信方向を変えながら（アンテナ 5 の回転角度を変えながら）、電波の送受信を繰り返し行うように構成されている。以上の構成で、レーダ装置 1 は、自船周囲の平面上的物標を、 360° にわたり探知することができる。

[0021] 受信部 6 は、アンテナ 5 で受信したエコー信号を検波して増幅する。エコー信号は、アンテナ 5 で受信された信号のうち、アンテナ 5 からの送信信号に対する、物標又は波頭での反射波である。受信部 6 は、増幅したエコー信号を、A/D 変換部 7 へ出力する。A/D 変換部 7 は、アナログ形式のエコー信号をサンプリングし、複数ビットからなるデジタルデータ（エコーデータ）に変換する。ここで、上記エコーデータの値は、アンテナ 5 が受信したエコー信号の強度（信号レベル）を特定するデータを含んでいる。A/D 変換部 7 は、エコーデータを、信号処理装置 3 の画像生成部 8 へ出力する。

[0022] 信号処理装置 3 は、画像生成部 8 と、引き波検出装置 10 と、を含んでいる。

[0023] 画像生成部 8 は、A/D 変換部 7 からのエコーデータに基づき、比較的信号レベルが大きいデータ（例えば他船等）に基づく画像データを生成する。本実施形態では、画像生成部 8 は、PPI (Plan Position Indicator) 画像データを生成する。画像生成部 8 で生成された画像データは、第 1 表示器 4 a

に出力される。これにより、ユーザは、自船位置を基準とした他船位置を把握することができる。

[0024] また、画像生成部 8 は、A/D 変換部 7 からのエコーデータに基づき、海面からの反射波に基づく画像データを生成する。画像生成部 8 は、複数のタイミングにおける前記画像データを生成する。このように生成された画像データは、引き波検出装置 10 に出力される。

[0025] 引き波検出装置 10 は、海面からの反射波に基づく上記画像データに基づき、波頭速度ベクトルの分布と、引き波の波峰線と、を推定するように構成されている。引き波検出装置 10 の構成については、詳しくは後述する。

[0026] 第 1 表示器 4 a は、画像生成部 8 で生成された画像信号（他船等に起因する画像信号）を表示する。また、第 2 表示器 4 b は、引き波検出装置 10 で算出された波頭速度ベクトルの分布、及び引き波の波峰線の近似関数を表示する。例えば、第 2 表示器 4 b は、切替スイッチ（図示省略）を切り替えることにより、波頭速度ベクトルの分布と上記近似関数とを切り替えて表示されるように構成されている。

[0027] [引き波検出装置の構成]

引き波検出装置 10 は、図 1 に示すように、波頭フロー算出部 11（導出部）と、引き波検出部 12 と、波峰線推定部 13 と、を備えている。引き波検出装置 10 は、CPU、RAM 及び ROM（図示せず）等を含むハードウェアを用いて構成されている。また、引き波検出装置 10 は、ROM に記憶された引き波検出プログラムを含むソフトウェアを用いて構成されている。

[0028] 上記引き波検出プログラムは、本発明の一実施形態における引き波検出方法を、引き波検出装置 10 に実行させるためのプログラムである。このプログラムは、外部からインストールできる。このインストールされるプログラムは、例えば、記録媒体に格納された状態で流通する。上記ハードウェアとソフトウェアとは、協働して動作するように構成されている。これにより、引き波検出装置 10 を、波頭フロー算出部 11、引き波検出部 12、及び波峰線推定部 13 として機能させることができる。

[0029] 波頭フロー算出部 11 は、自船を中心とし自船から所定距離以内の所定範囲（以降、算出対象エリア A と称する）内における海面の波頭の速度ベクトルを算出するように構成されている。具体的には、波頭フロー算出部 11 は、画像生成部 8 で生成された複数のタイミングでの画像を用いて、波頭のオプティカルフローを算出する。オプティカルフローとは、画像中における運動物体（本実施形態では、波頭）の見かけの速度ベクトルの分布である。波頭のオプティカルフローを算出する手法としては、例えば、相関法、勾配法等が挙げられる。これらの手法については、公知であるため、その詳細な説明は省略する。

[0030] 波頭フロー算出部 11 で算出された、算出対象エリア A 内における各地点の波頭の速度ベクトルは、第 2 表示器 4 b、及び引き波検出部 12 に出力される。

[0031] 図 2 は、第 2 表示器 4 b で表示される、算出対象エリア A 内における各地点の波頭速度ベクトルの一例を示す図である。図 2 に示す例では、各地点の波頭速度ベクトルの大きさは、対応する各地点に表示された矢印の大きさで表され、各地点の波頭速度ベクトルの向きは、対応する各地点に表示された矢印の向きで表される。

[0032] 引き波検出部 12 は、波頭フロー算出部 11 で算出された各地点における波頭速度ベクトルの中から、引き波に起因する波頭速度ベクトルである引き波速度ベクトルを検出するように構成されている。具体的には、引き波検出部 12 は、波頭フロー算出部 11 で算出された各地点における波頭速度ベクトルにおいて一対の波頭速度ベクトルを対象とする。そして、引き波検出部 12 は、当該一対の波頭速度ベクトルが、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい場合、当該一対の波頭速度ベクトルを引き波速度ベクトルとする。

[0033] 波峰線推定部 13 は、引き波検出部 12 で検出された複数の引き波速度ベ

クトルの代表点に基づいて、引き波の波峰線を推定する。本実施形態では、波峰線推定部 13 は、引き波検出部 12 で検出された複数の引き波速度ベクトルの代表点の近似関数を、例えば最小二乗法によって算出し、当該近似関数を、引き波の波峰線として推定する。なお、本実施形態では、引き波速度ベクトルの代表点を、当該引き波速度ベクトルの始点としているが、これに限らず、例えば終点であってもよく、更には、始点と終点との間の中間点であってもよい。

[0034] 図 3 は、第 2 表示器 4 b で表示される、波峰線推定部 13 で推定された引き波の波峰線の表示例を示す図である。図 3 に示すように、引き波の波峰線は、第 2 表示器 4 b において、他船のエコー画像、及び引き波速度ベクトルの始点を表す X 印とともに、波峰線推定部 13 で推定された近似関数で表される引き波の波峰線を表示することにより表示される。なお、上述した引き波速度ベクトルの始点を表す X 印の表示については、その代わりに、引き波速度ベクトルの始点と終点とを結ぶ直線で表示してもよい。

[0035] [引き波検出装置の動作]

図 4 は、引き波検出装置 10 の動作を説明するためのフローチャートである。また、図 5 は、引き波検出装置 10 の動作を説明するための図であって、一部の波頭速度ベクトルのみを示す図である。図 4 及び図 5 を参照して、引き波を検出する際の工程を説明する。

[0036] まず、ステップ S 1 で、引き波検出装置 10 は、自船を中心とした任意の方位方向（図 5 の場合、 θ_1 ）を設定する。

[0037] 次に、ステップ S 2 で、引き波検出装置 10 は、方位方向 θ_1 に沿って並ぶ複数の波頭速度ベクトルを対象ベクトルとして、各対象ベクトルの自船からの距離 r と、各対象ベクトルの絶対値（速さ）との関係を示すグラフ（図 6 参照）を作成する。

[0038] また、ステップ S 3 で、引き波検出装置 10 は、各対象ベクトルの自船からの距離 r と、各対象ベクトルの向きとの関係を示すグラフ（図 7 参照）と、を作成する。

- [0039] 次に、ステップS 4で、引き波検出部1 2は、ステップS 2及びステップS 3で作成された各グラフに基づいて、複数の対象ベクトルに所定の特徴があるか否かを判定する。具体的に、本実施形態では、例えば一例として、引き波検出部1 2は、図6に示すグラフから、ベクトルの絶対値が、他の地点における波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも大きい2つのベクトル（図6における V_1 と V_2 ）を極大値として有する2つの波形がある場合、これらの2つのベクトル V_1 及び V_2 を、判定対象ベクトルとして抽出する。上述のような2つのベクトルが存在しない場合、引き波検出部1 2は、複数の対象ベクトルに所定の特徴がないため、当該複数の対象ベクトルについては引き波がないと判定し（ステップS 6）、ステップS 7に進む。
- [0040] なお、上記基準値とは、例えば一例として、図6に示すように、上記2つの波形の間の地点における波頭ベクトルの速さの平均値 V_{AVE} 、である。しかし、上記基準値は、これに限らず、上記2つの波形の間における任意に地点の波頭ベクトルの速さ、であってもよい。
- [0041] 上述のように2つのベクトル V_1 及び V_2 が判定対象ベクトルとして抽出された場合、引き波検出部1 2は、当該一对の判定対象ベクトル V_1 及び V_2 の角度差 ΔD が所定角度範囲内であるか否かを判定する。上記角度差 ΔD が所定角度範囲内であれば、引き波検出部1 2は、一对の判定対象ベクトル V_1 及び V_2 を引き波であると検出し（ステップS 5）、ステップS 7に進む。一方、上記角度差 ΔD が所定角度範囲を超えていれば（ステップS 4のNo）、引き波検出部1 2は、一对の判定対象ベクトル V_1 及び V_2 を引き波でないと判定し（ステップS 5）、ステップS 7に進む。
- [0042] なお、上記ステップS 4における所定角度範囲は、一对の判定対象ベクトル V_1 及び V_2 が、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向に向かう角度範囲として設定される。例えば一例として、上記所定角度範囲は、170度から190度の角度範囲として設定される。
- [0043] 次に、ステップS 7で、引き波検出装置1 0は、方位方向を所定角度ずら

して新たな方位方向を設定する。具体的には、図5の場合、方位方向を θ_1 から θ_2 にずらす。

[0044] 次に、ステップS8で、全ての方位方向について引き波の検出が終了している場合（ステップS8のYes）、ステップS9に進む。一方、ステップS8で、全ての方位方向について引き波の検出が終了していない場合（ステップS8のNo）、ステップS2及びステップS3に戻る。そして、引き波検出装置10は、新たに設定された方位方向について、上述の場合と同様、ステップS2及びステップS3以降のステップを行う。

[0045] 上述したステップS1からステップS8までのフローが繰り返され、算出対象エリアA内の各地点についての引き波の検出が終了すると（ステップS8のYes）、波峰線推定部13は、引き波の波峰線を推定する。

[0046] 図8は、上述のようにして検出された複数の引き波から導出される引き波の波峰線の推定手法について説明するためのグラフである。図8に示すように、ステップS9では、波峰線推定部13は、複数の引き波速度ベクトルの代表点の近似関数を、例えば最小二乗法によって算出し、当該近似関数を引き波の波峰線として推定する。なお、上記近似関数としては、例えば、一次関数、二次関数等が挙げられるが、これらに限らず、その他の関数であってもよい。

[0047] 上述のように推定された引き波の波峰線は、図3に示すように、引き波速度ベクトルの代表点（本実施形態では、引き波速度ベクトルの始点）とともに、第2表示器4bに表示される。これにより、ユーザは、自船に対する引き波の波峰線を視覚的に認識できる。

[0048] なお、第2表示器4bへの表示状態は、図3に示すものに限らず、例えば図9に示すように、引き波速度ベクトルの代表点を表示せずに引き波の波峰線のみを表示してもよい。

[0049] [効果]

以上のように、本実施形態に係る引き波検出装置10では、以下の条件を満たした場合に、算出対象エリアA内における一対の波頭速度ベクトル V_1 ,

V_2 を、引き波に起因する引き波速度ベクトルとして検出する。具体的には、引き波検出装置10では、一对の波頭速度ベクトル V_1 、 V_2 が、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値 V_{AVE} よりも所定値以上大きい場合、引き波に起因する引き波速度ベクトルとして検出する。

[0050] 水上を航行する船舶の引き波の波峰線は、一般的に、当該航行する船舶の後方に一对、形成される。そして、これらの一对の引き波の波峰線は、その速度ベクトルの向きが概ね反対方向を向き、且つ、その大きさが、他の地点の波頭速度ベクトルの大きさよりも大きくなっている。よって、一对の波頭速度ベクトル V_1 、 V_2 を、上述のような条件を満たした場合に引き波速度ベクトルとして検出することで、適切な条件で、引き波速度ベクトルを検出できる。

[0051] 従って、引き波検出装置10では、船舶の航行によって発生する引き波を適切に検出できる。

[0052] また、引き波検出装置10では、複数の引き波速度ベクトルの代表点に基づいて、引き波の波峰線を推定しているため、引き波の波峰線を適切に推定できる。

[0053] また、引き波検出装置10では、複数の引き波速度ベクトルの代表点の近似関数を算出し、該近似関数に基づいて引き波の波峰線を推定しているため、引き波の波峰線をより適切に推定できる。

[0054] また、レーダ装置1では、引き波検出装置10によって推定された引き波の波峰線が、第2表示器4bに表示される。従って、ユーザは、引き波の波峰線を、視覚的に適切に認識できる。

[0055] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能である。

[0056] [変形例]

(1) 図10は、変形例に係るレーダ装置1aの構成を示すブロック図である。図10に示すように、本変形例に係るレーダ装置1aの引き波検出装置10aは、上記実施形態の場合と異なり、画像特徴検出部14を更に備えている。そして、本変形例の引き波検出装置10aは、波峰線推定部13aは、引き波検出部12で検出された引き波速度ベクトルの代表点と、画像特徴検出部14で検出された画像特徴とに基づいて、引き波の波峰線の近似関数を算出するように構成されている。

[0057] 一般的に、引き波の波峰線は、航行する船舶の後方に一对、形成される。そして、この一对の引き波の波峰線は、通常、図3等に示すように、船舶から離れるにつれて互いに離反する一对の直線状に形成される。

[0058] 本変形例に係る引き波検出装置10aの画像特徴検出部14には、例えば図11(A)に示すように、互いに交差せず且つ平行でない2本の線分を有しその間の角度が任意の角度(例えば、45度)である特徴を有する画像P、が記憶されている。なお、画像特徴検出部14に記憶される画像である2本の線分の間の角度は、図11(B)に示す角度(30度)、図11(C)に示す角度(90度)のように、その他の角度であってもよい。更には、画像特徴検出部14に記憶される画像は、複数であってもよい。

[0059] 画像特徴検出部14は、画像生成部8で生成された波頭のエコー画像から、画像Pのような特徴を有する画像特徴を検出する。そして、このような画像特徴が検出された場合、波峰線推定部13aは、引き波検出部12によって検出された複数の引き波速度ベクトルの代表点と、画像特徴検出部14によって検出された特徴画像と、の両方に基づいて、引き波の波峰線の近似関数を算出する。これにより、引き波の波峰線を、更に精度が高い近似関数で近似することができる。

[0060] (2) 図12は、変形例に係るレーダ装置1bの構成を示すブロック図である。図12に示すように、本変形例に係るレーダ装置1bは、上記実施形態の場合と異なり、波峰線推定部13が省略された構成となっている。

[0061] 本変形例の引き波検出部12は、上記実施形態の引き波検出部12と同様

にして、算出対象エリアAにおいて複数の引き波速度ベクトルを検出する。

[0062] 図13は、第2表示器4bで表示される、引き波検出部12で検出された複数の引き波速度ベクトルの代表点の表示例を示す図である。本変形例の第2表示器4bには、引き波速度ベクトルの代表点の位置が、X印が表示される。なお、図13では、引き波速度ベクトルの代表点のみを表示しているが、これに限らず、矢印で表された引き波速度ベクトルを表示してもよい。

[0063] 以上のように、本変形例に係る引き波検出装置10bでは、上記実施形態の場合と同様にして、引き波速度ベクトルを検出している。従って、上記実施形態の場合と同様、引き波を適切に検出できる。

[0064] また、レーダ装置1bでは、引き波検出装置10bによって推定された複数の引き波速度ベクトルの代表点が表示される。従って、ユーザは、引き波の位置を、視覚的に適切に認識できる。

[0065] (3) 上記実施形態に係る引き波検出装置10では、図5に示すように、引き波速度ベクトルを検出するために設定される対象ベクトルを、自船を中心とした方位方向のそれぞれにおいて、径方向に沿って順次、設定している。すなわち、上記実施形態に係る引き波検出装置10では、 $r-\theta$ 座標に基づいて引き波速度ベクトルを検出している。しかし、これに限らず、図14に示すように、 $x-y$ 座標に基づいて引き波速度ベクトルを検出してもよい。この場合、例えば一例として、算出対象エリアA内においてx方向に延びる仮想直線を設定し、当該仮想直線に沿って対象ベクトルを設定し、引き波速度ベクトルを検出する。そして、上記仮想直線をy方向にずらしていき、ずらされた仮想直線に沿って上述の場合と同様に対象ベクトルを設定し、引き波速度ベクトルを検出する。これにより、上記実施形態の場合と同様、算出対象エリアA内において引き波速度ベクトルを検出できる。

[0066] (4) 図15は、変形例に係るレーダ装置1cの構成を示すブロック図である。上記実施形態では、波頭フロー算出部11を、オプティカルフローに基づいて算出したが、これに限らず、ドップラー計測によって算出してもよい。本変形例に係る波頭フロー算出部11bは、例えば、第1のタイミング

でアンテナ 5 から送信されたパルス波の反射波と、第 2 のタイミングでアンテナ 5 から送信されたパルス波の反射波と、の周波数差に基づいて、算出対象エリア A の各地点における波頭速度ベクトルを算出するように構成されている。

[0067] (5) 図 16 は、変形例に係るレーダ装置 1 d、及び引き波検出装置 10 を有するパソコン 9 の構成を示すブロック図である。図 16 に示すように、引き波検出装置 10 を、レーダ装置 1 d とは別体のパソコン 9 に設けてもよい。この場合、引き波検出装置 10 での算出結果である引き波の波峰線を、パソコン 9 のディスプレイで構成された第 2 表示器 4 b に表示すればよい。

[0068] (6) 上記実施形態では、引き波検出装置 10 で検出された引き波の波峰線を、表示部に表示してユーザに認識させていたが、これに限らない。例えば、図 17 に示すように、引き波検出装置 10 で検出された引き波の波峰線に関する情報に基づいて、船舶の制御部である船体制御部 15 を制御してもよい。具体的に、船体制御部 15 は、例えば一例として、波峰線推定部 13 で算出された引き波の波峰線の位置及び速度等の情報に基づき、自船が引き波によって転覆しないよう、自船の速度や針路を制御する。これにより、自船が引き波によって転覆することを、未然に防ぐことができる。

産業上の利用可能性

[0069] 本発明は、引き波検出装置、この引き波検出装置を備えたレーダ装置、引き波を検出するための引き波検出方法、及び引き波検出プログラムとして広く適用することができる。

符号の説明

[0070]	1, 1 a, 1 b, 1 c, 1 d, 1 e	レーダ装置
	10, 10 a, 10 b, 10 c	引き波検出装置
	11, 11 a	波頭フロー算出部（導出部）
	12	引き波検出部
	13, 13 a	波峰線推定部

請求の範囲

- [請求項1] 所定範囲の各地点における水面の波頭の速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出する導出部と、
- 前記導出部で導出された各地点における前記波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい前記一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の該引き波速度ベクトルを検出する引き波検出部と、
- を備えていることを特徴とする、引き波検出装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の引き波検出装置において、
- 複数の前記引き波速度ベクトルの代表点に基づいて、前記一对の引き波の波峰線を推定する波峰線推定部を更に備えていることを特徴とする、引き波検出装置。
- [請求項3] 請求項2に記載の引き波検出装置において、
- 前記波峰線推定部は、複数の前記引き波速度ベクトルの代表点の近似関数を算出し、該近似関数に基づいて前記一对の引き波の波峰線を推定することを特徴とする、引き波検出装置。
- [請求項4] 請求項2又は請求項3に記載の引き波検出装置において、
- 前記所定範囲における水面の波頭のエコー画像から、所定の画像特徴を検出する画像特徴検出部を更に備え、
- 前記波峰線推定部は、前記画像特徴検出部で検出された前記所定の画像特徴に基づいて、前記一对の引き波の波峰線を推定することを特徴とする、引き波検出装置。
- [請求項5] 電波を送受信するアンテナと、
- 前記アンテナが受信した受信信号に基づいて、所定範囲の各地点に

おける水面の波頭の速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出する導出部、を有する、請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の引き波検出装置と、

前記引き波検出装置で検出された複数の引き波速度ベクトル、前記複数の引き波速度ベクトルの代表点、及び、前記引き波検出装置の波峰線推定部で推定された前記一对の引き波の波峰線、のうちの少なくともいずれかを表示する表示部と、

を備えていることを特徴とする、レーダ装置。

[請求項6]

所定範囲の各地点における水面の波頭の速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出するステップと、

前記ステップで導出された各地点における前記波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい前記一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の該引き波速度ベクトルを検出するステップと、

を含むことを特徴とする、引き波検出方法。

[請求項7]

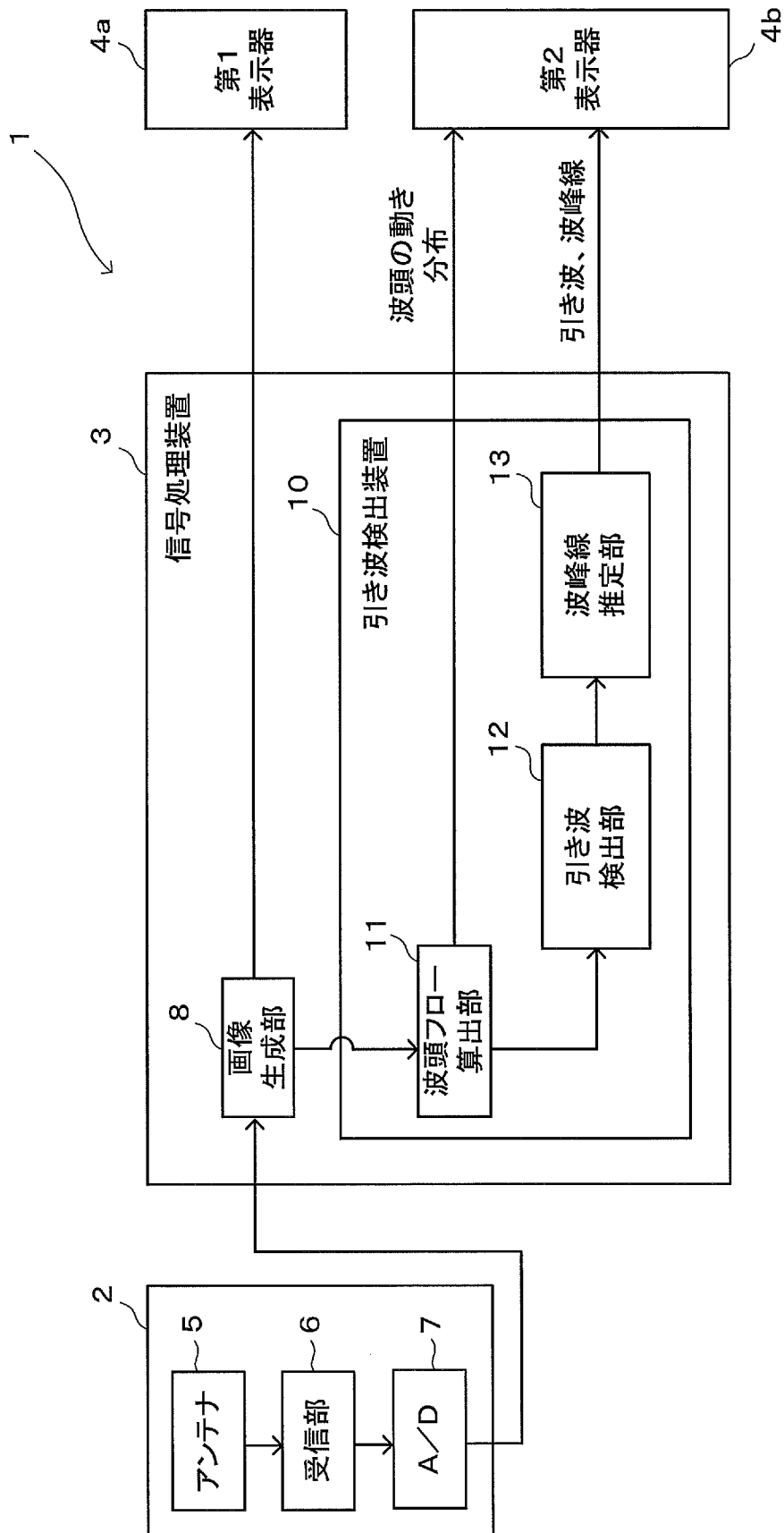
所定範囲の各地点における水面の波頭の速度ベクトルである波頭速度ベクトルを導出するステップと、

前記ステップで導出された各地点における前記波頭速度ベクトルのうちの一对の波頭速度ベクトルであって、互いに相手側の波頭速度ベクトルの向きの反対方向を中心とした所定角度範囲内の方向へ向かい、且つその速さが他の地点における前記波頭速度ベクトルの速さに基づく基準値よりも所定値以上大きい前記一对の波頭速度ベクトルを、水上を航行する船舶の後方に発生する一对の引き波に起因する引き波速度ベクトルとし、複数の該引き波速度ベクトルを検出するステップ

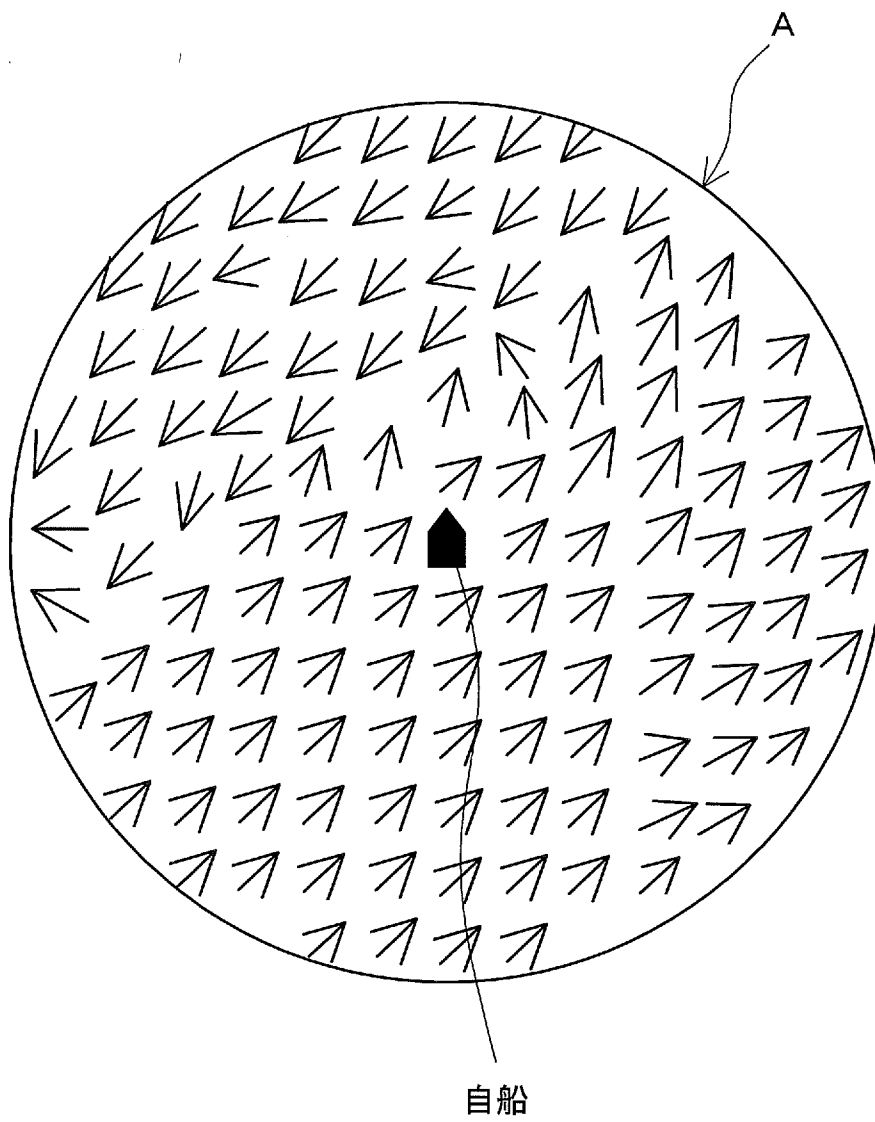
と、

を含むことを特徴とする、引き波検出プログラム。

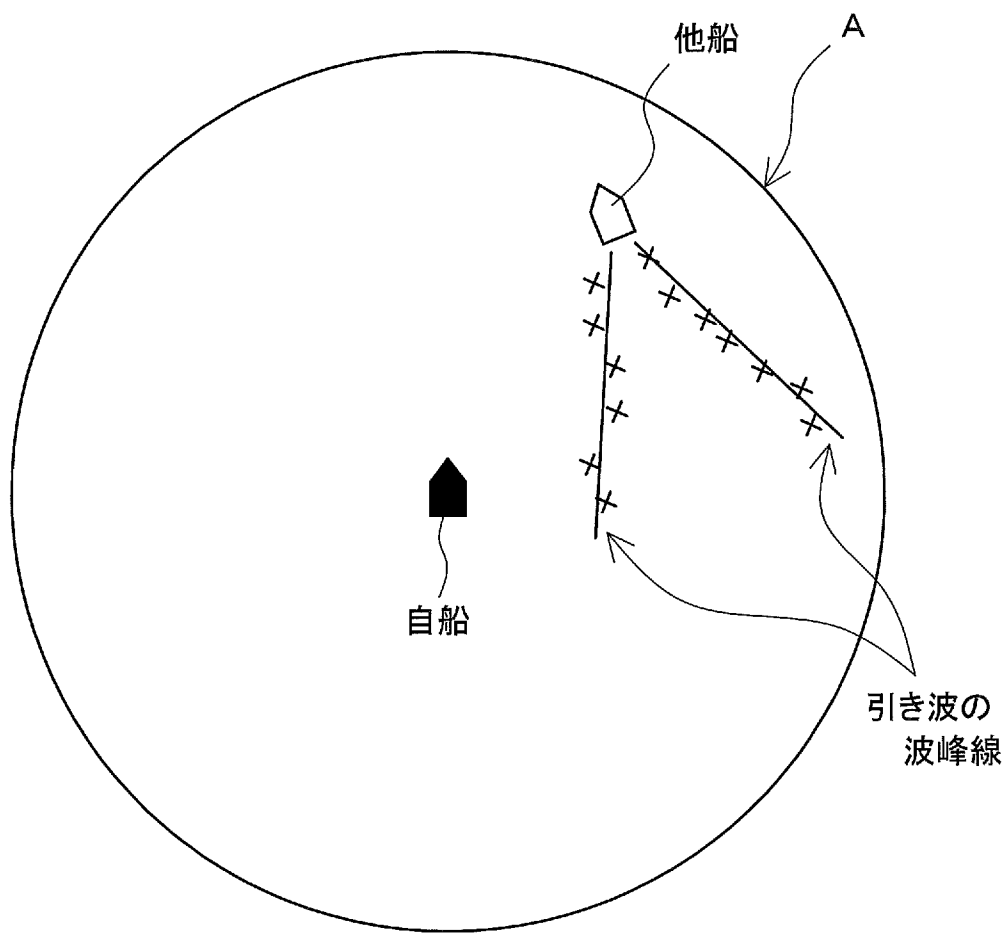
[図1]



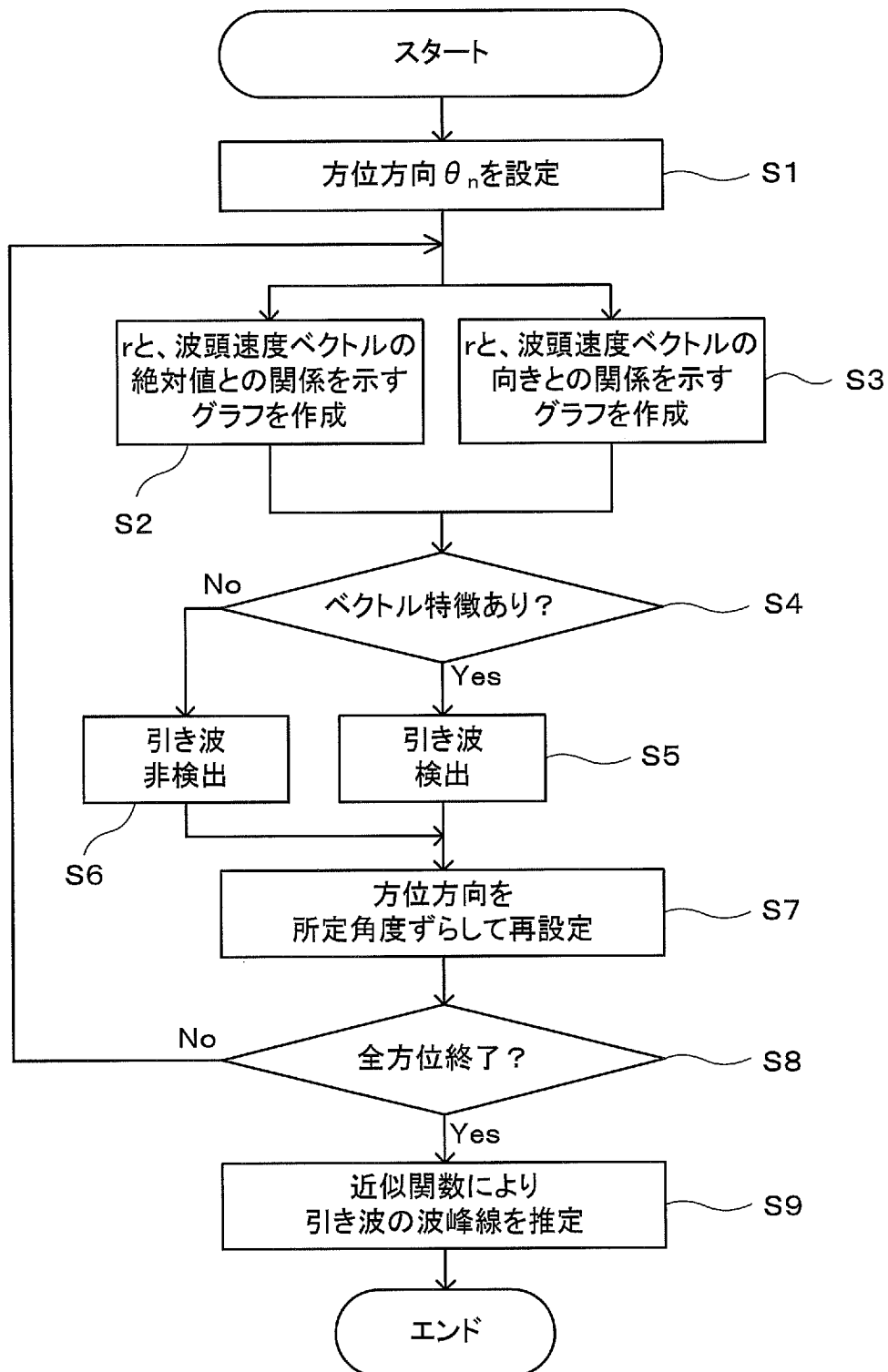
[図2]



[図3]

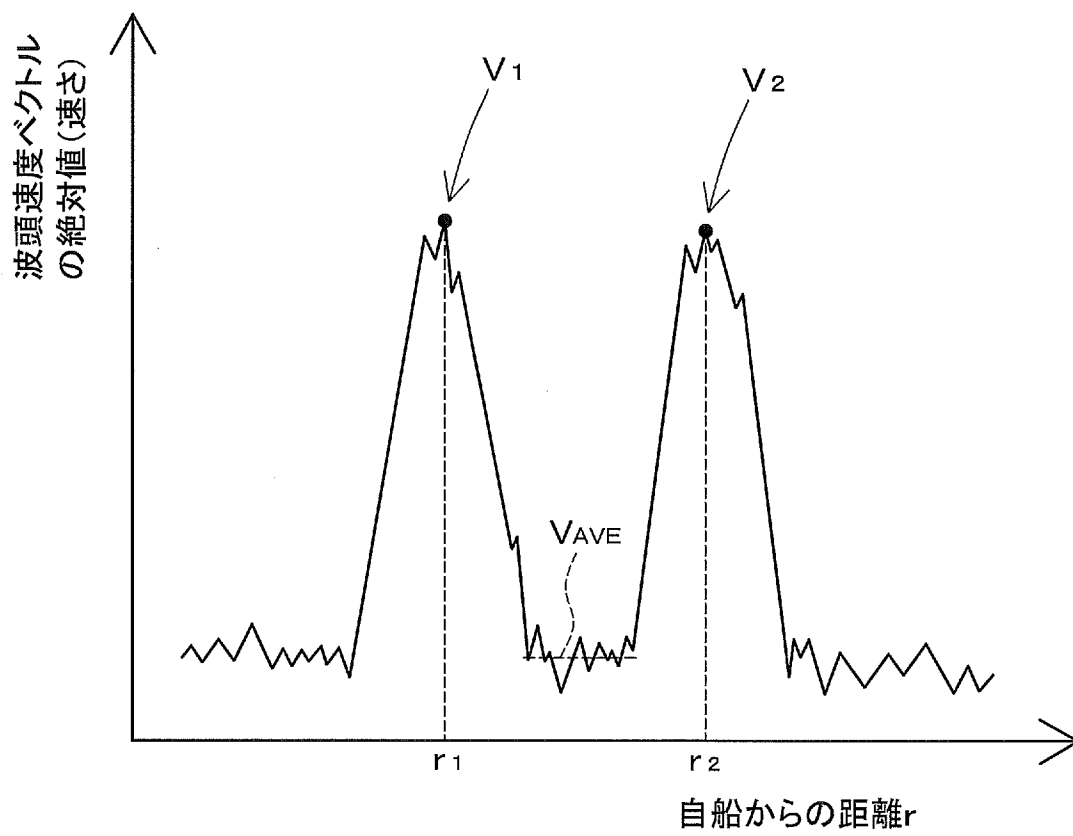


[図4]

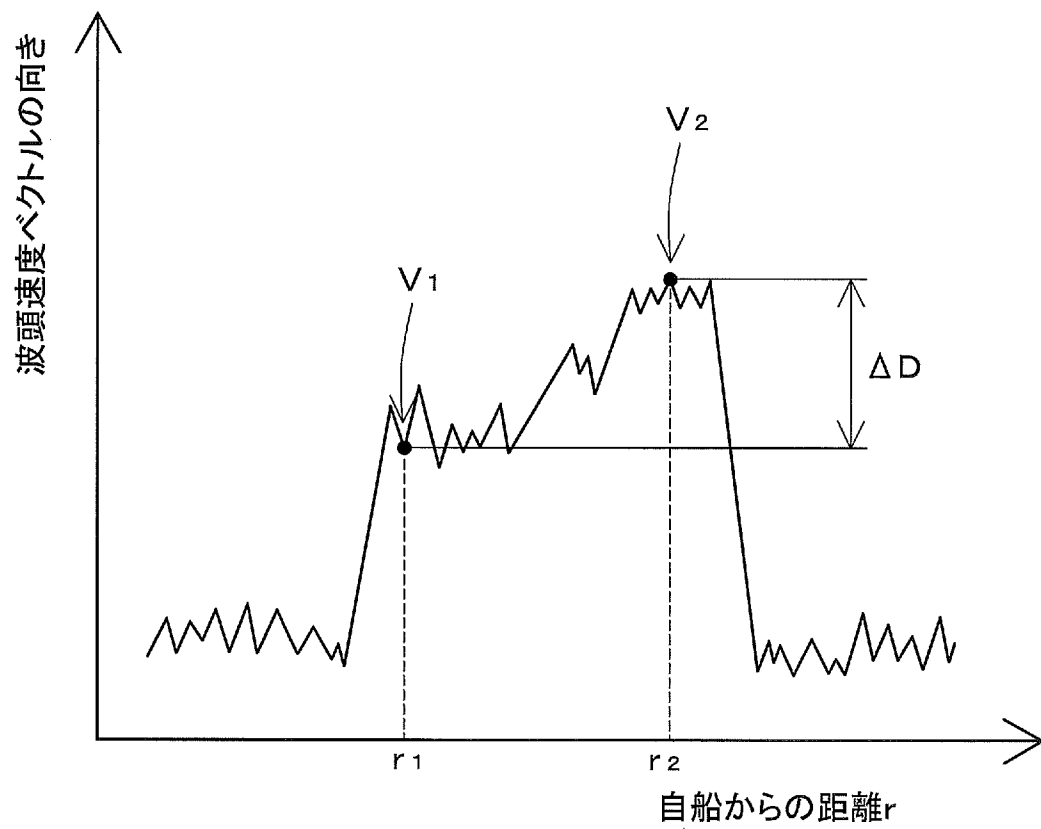


[illegible]

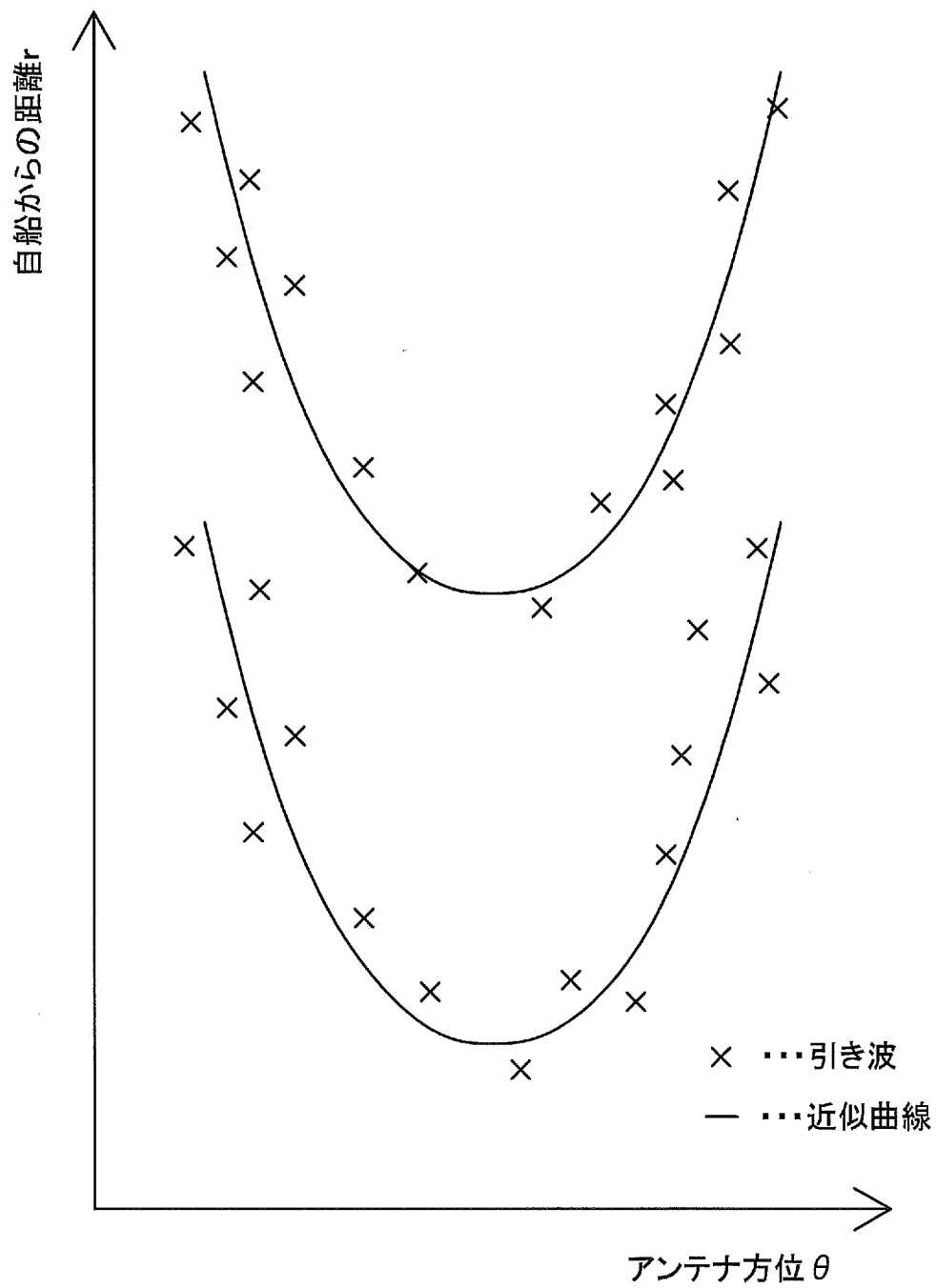
[図6]



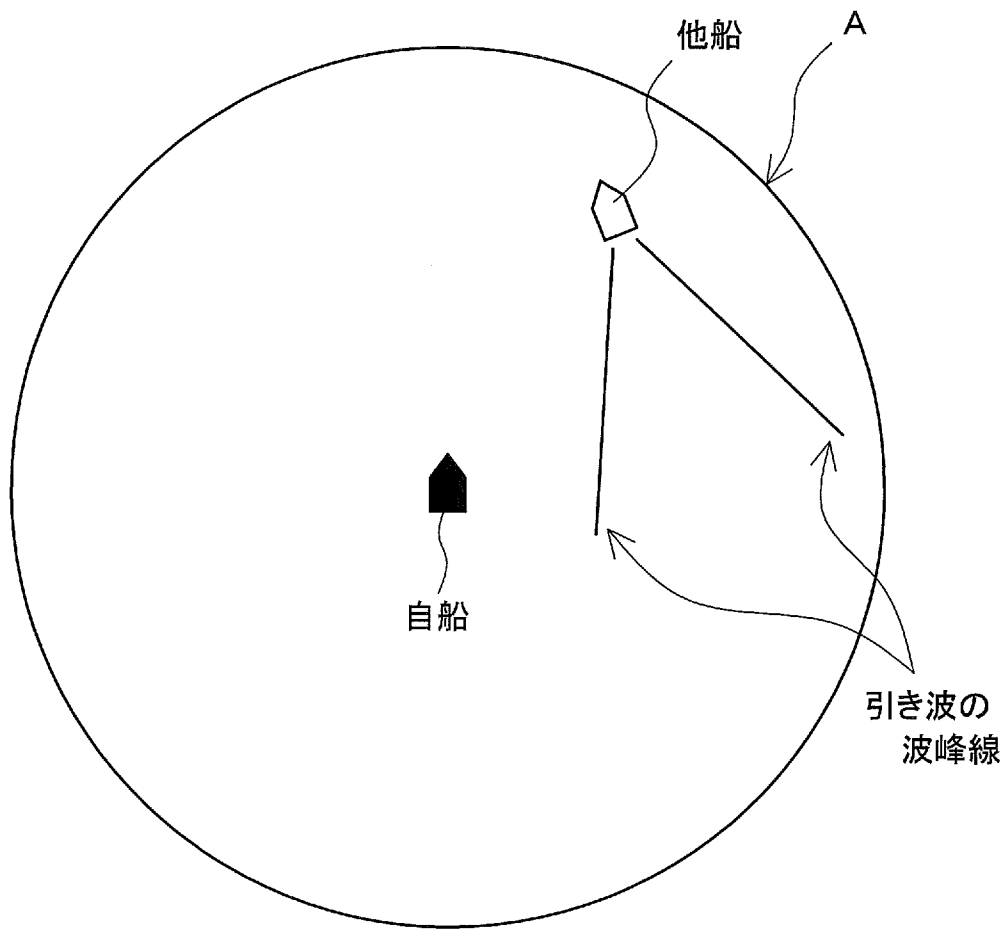
[図7]



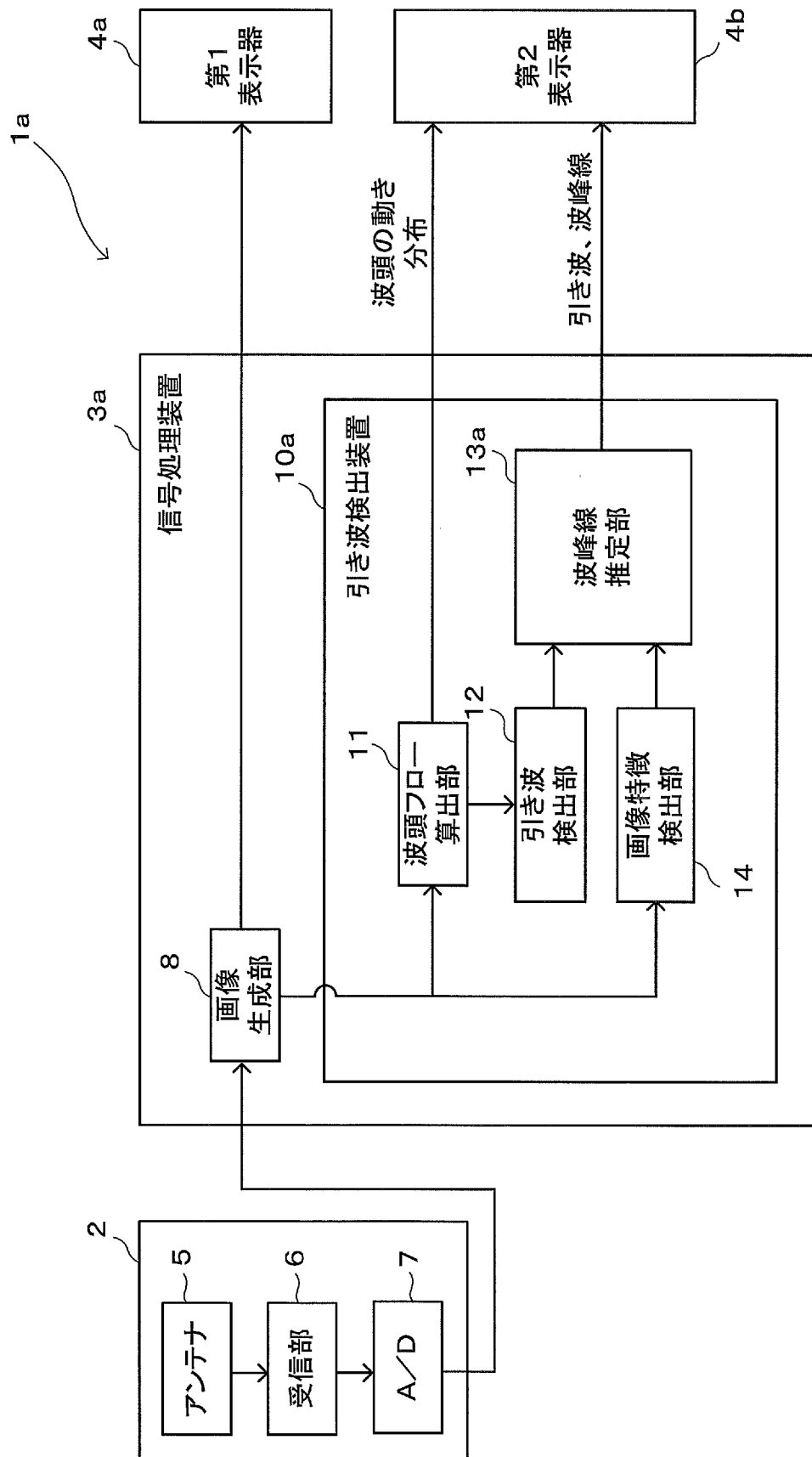
[図8]



[図9]

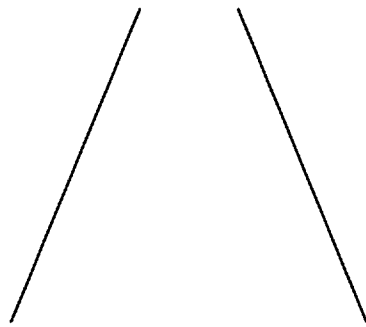


[図10]

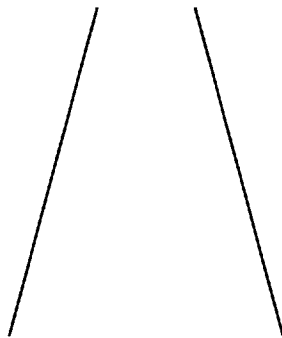


[図11]

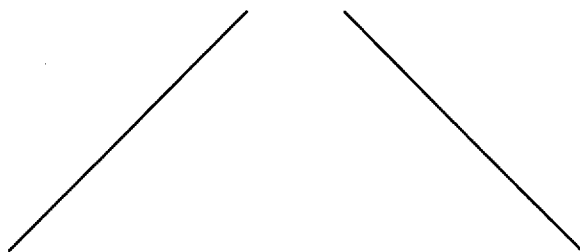
(A)



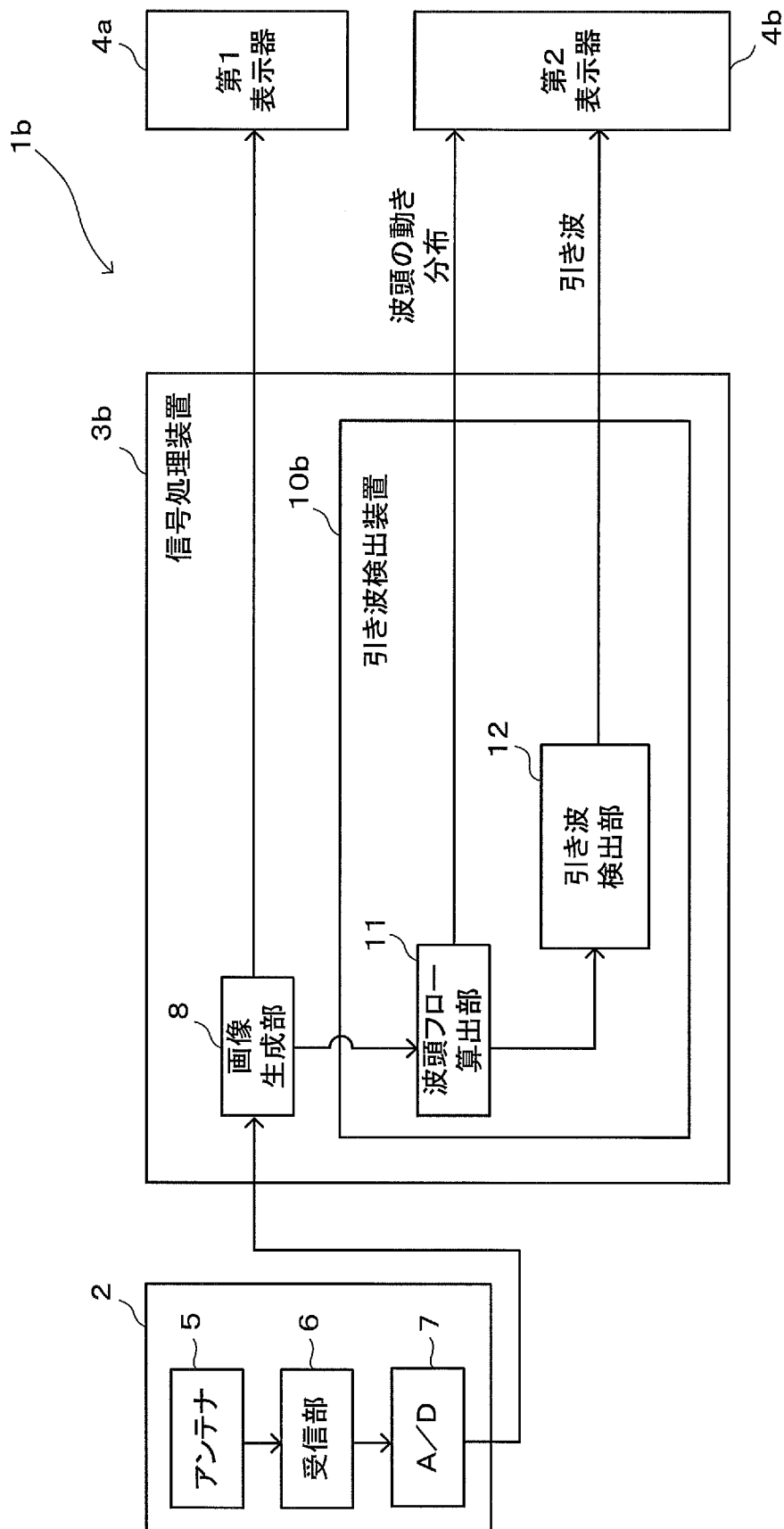
(B)



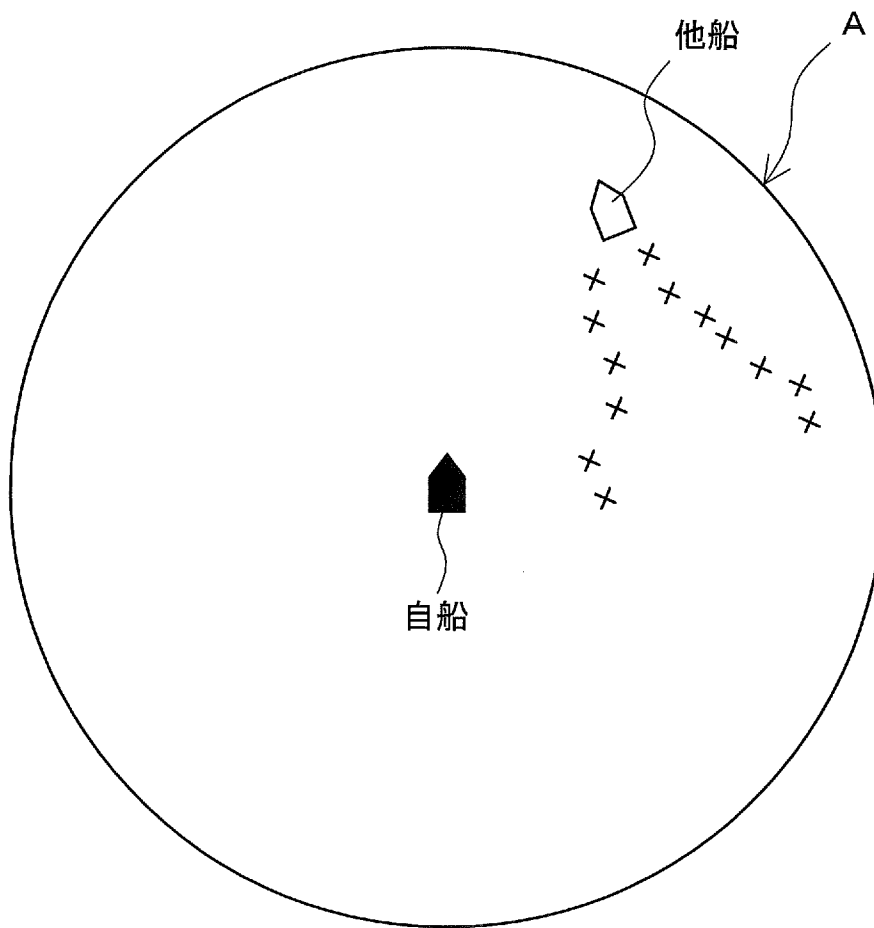
(C)



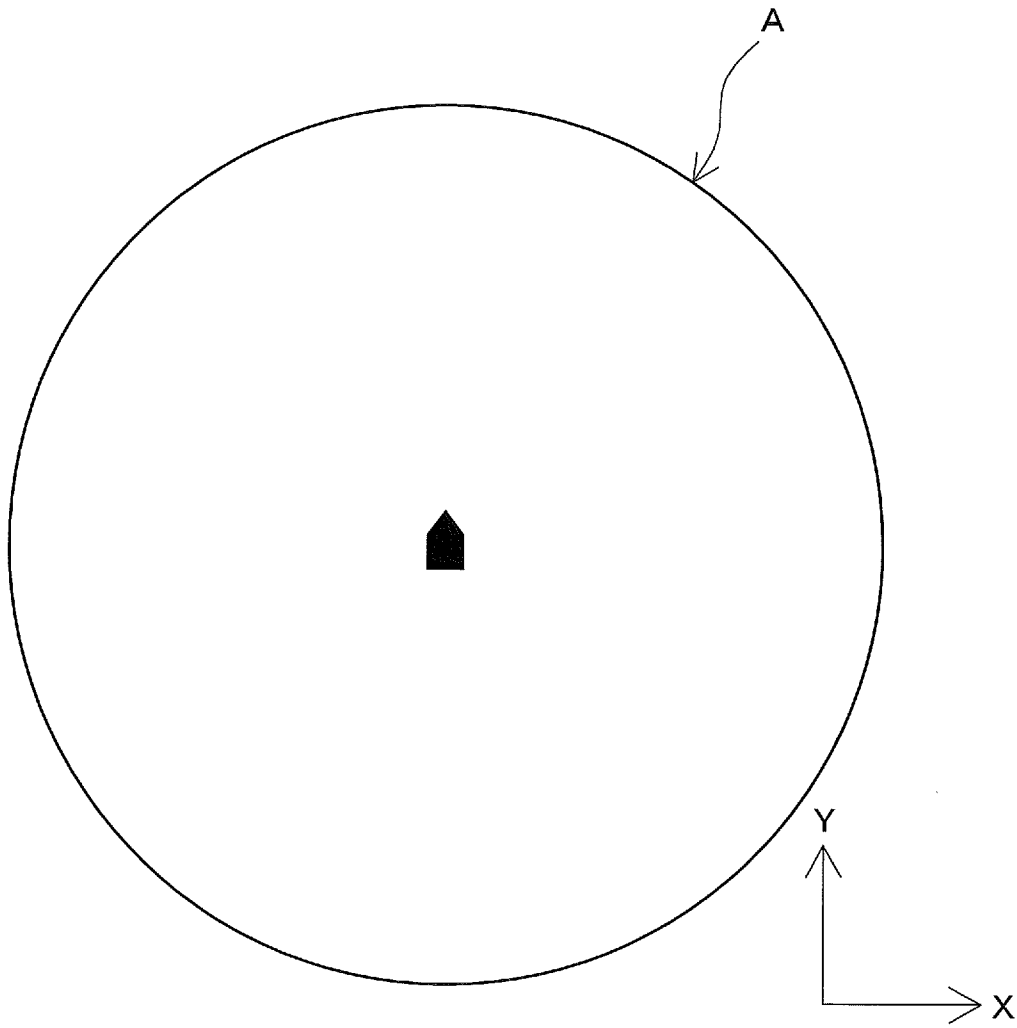
[図12]



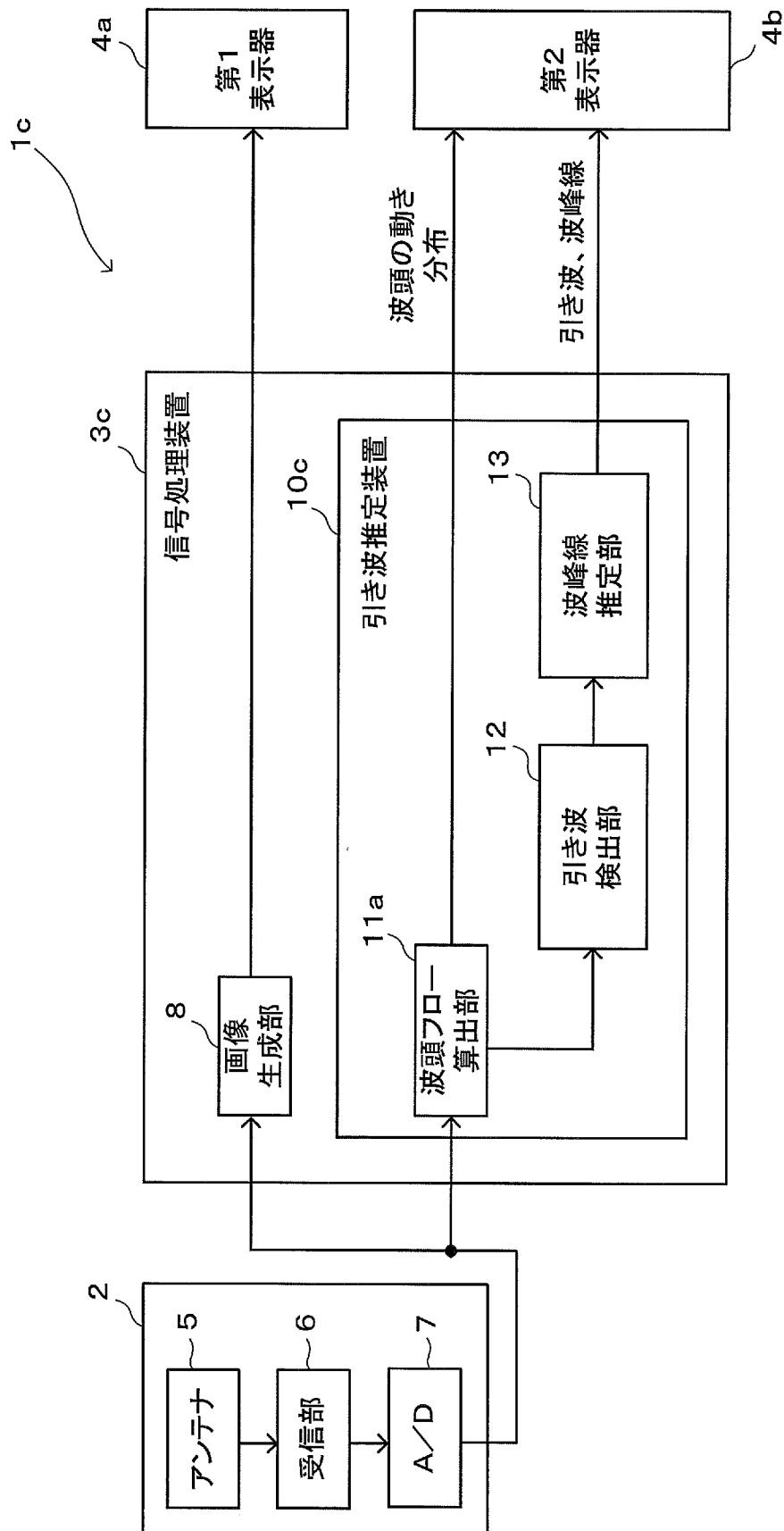
[図13]



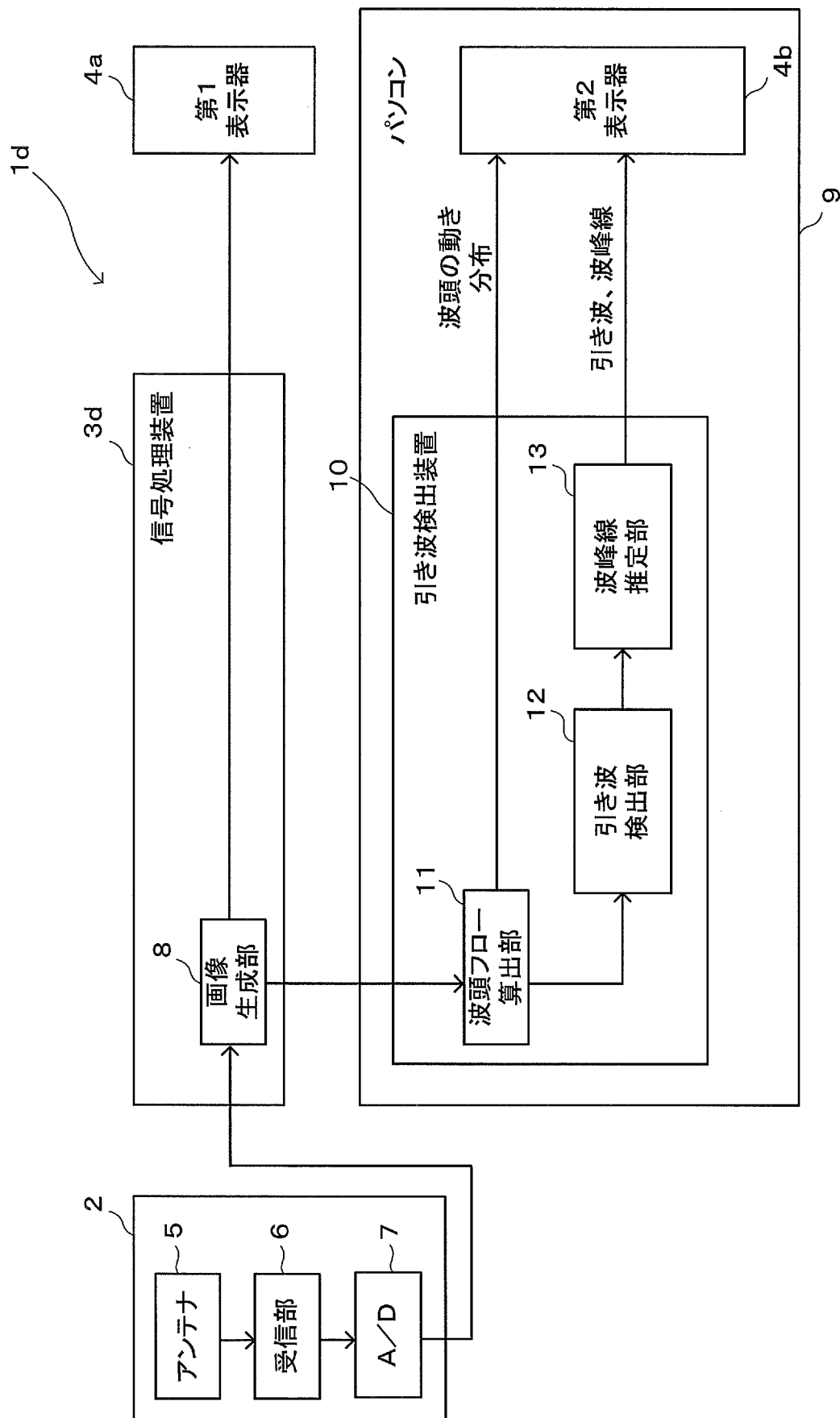
[図14]



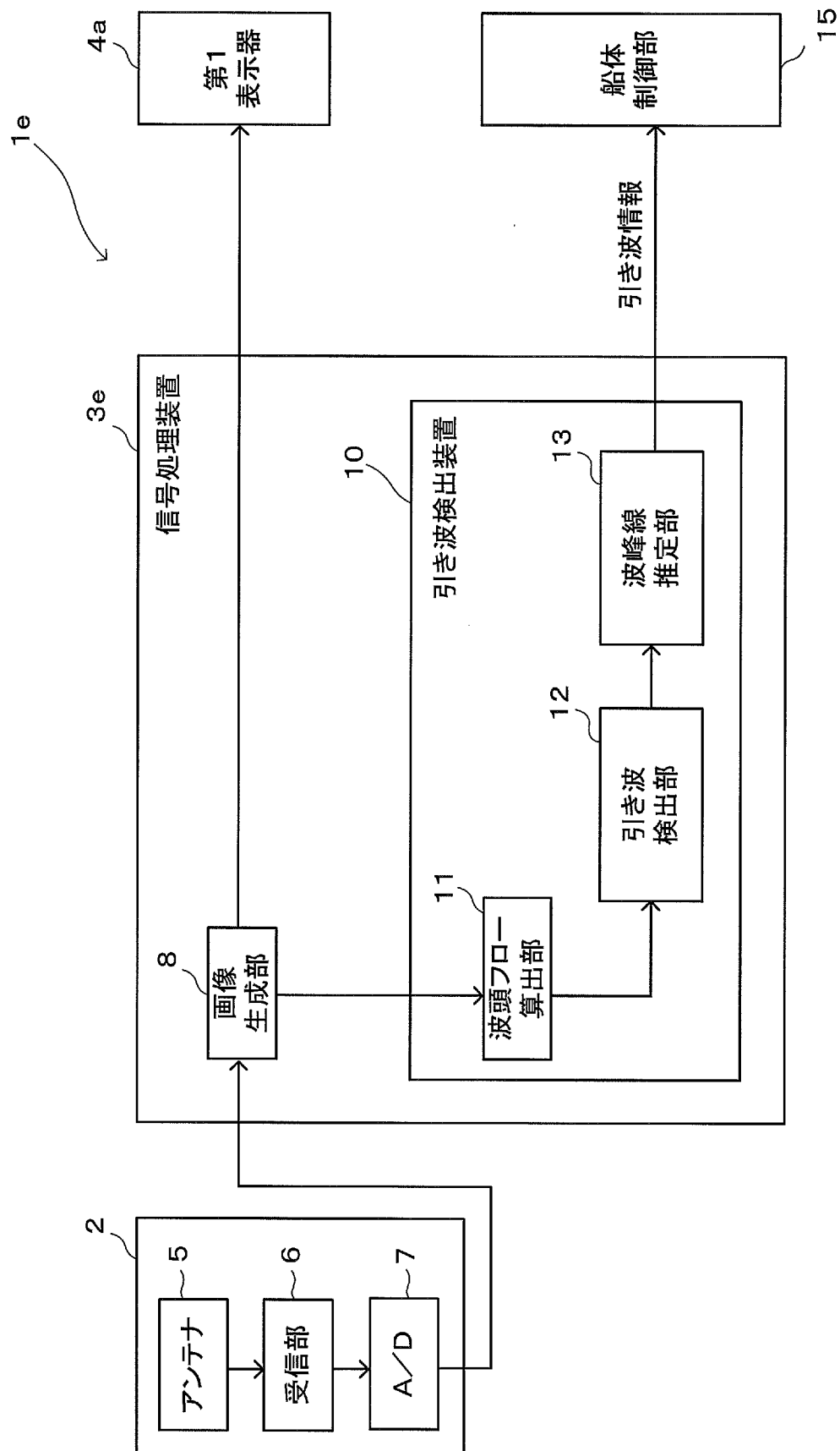
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/062658

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S13/95(2006.01)i, G01S13/60(2006.01)i, G01P5/00(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)

G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, G01P5/00, G01W1/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 11-237477 A (Nagano Japan Radio Co., Ltd.), 31 August 1999 (31.08.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2006-292429 A (Mitsubishi Electric Corp.), 26 October 2006 (26.10.2006), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2009-300207 A (Nagano Japan Radio Co., Ltd.), 24 December 2009 (24.12.2009), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

☒ 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
11 August, 2014 (11.08.14)

Date of mailing of the international search report
19 August, 2014 (19.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/062658

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-262990 A (Director General of Technical Research and Development Institute of Defense Agency), 22 November 1991 (22.11.1991), entire text; all drawings (Family: none)	1-7
A	JP 2000-321349 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 November 2000 (24.11.2000), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S13/95(2006.01)i, G01S13/60(2006.01)i, G01P5/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01S7/00-7/42, G01S13/00-13/95, G01P5/00, G01W1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 11-237477 A（長野日本無線株式会社）1999.08.31, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2006-292429 A（三菱電機株式会社）2006.10.26, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7
A	JP 2009-300207 A（長野日本無線株式会社）2009.12.24, 全文、全図（ファミリーなし）	1-7

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 8 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

三田村 陽平

2 S

4 0 0 1

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

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 3-262990 A (防衛庁技術研究本部長) 1991. 11. 22, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7
A	JP 2000-321349 A (三菱電機株式会社) 2000. 11. 24, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-7