

(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
2018年6月21日(21.06.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/110040 A1

(51) 国際特許分類:

B63B 49/00 (2006.01) G01S 7/53 (2006.01)
B63B 35/00 (2006.01) G01S 15/89 (2006.01)
G01C 7/04 (2006.01) G05D 1/00 (2006.01)

KAISHA) [JP/JP]; 〒4388501 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 Shizuoka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/036007

(22) 国際出願日: 2017年10月3日(03.10.2017)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2016-241290 2016年12月13日(13.12.2016) JP

(72) 発明者: 今井 浩久(IMAI Hirohisa); 〒4388501 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP). 黒澤 敦(KUROSAWA Atsushi); 〒4388501 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP). 竹原 悦秀(TAKEHARA Yorihide); 〒4388501 静岡県磐田市新貝 2 5 0 0 番地 ヤマハ発動機株式会社内 Shizuoka (JP).

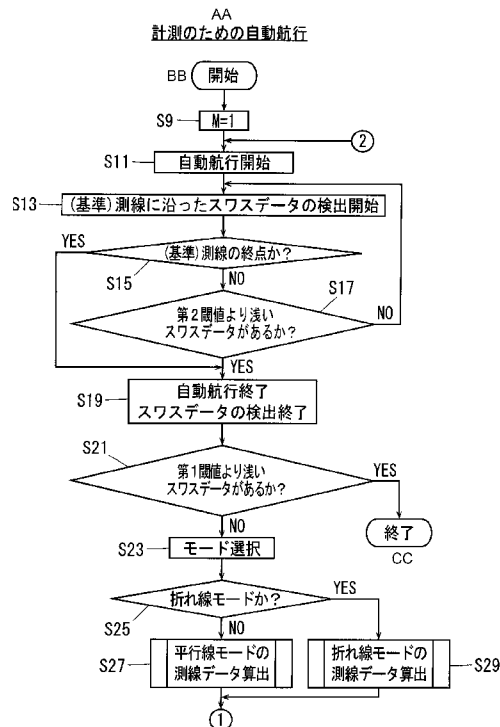
(71) 出願人: ヤマハ発動機株式会社 (YAMAHA HATSUDOKI KABUSHIKI

(74) 代理人: 辰 巳 忠 宏 (TATSUMI Tadahiro); 〒5430001 大阪府大阪市天王寺区上本町 5 丁目 2 番 1 1 号 上六新興産ビル 8 階 Osaka (JP).

(54) Title: MOBILE BODY SYSTEM

(54) 発明の名称: 移動体システム

[図7]



AA... AUTOMATIC NAVIGATION FOR MEASUREMENT
BB... START
S11... START AUTOMATIC NAVIGATION
S13... START DETECTION OF SWATH DATA ALONG (REFERENCE) SURVEY LINE
S15... AT END POINT OF (REFERENCE) SURVEY LINE?
S17... DOES SWATH DATA EXIST THAT IS SHALLOWER THAN SECOND THRESHOLD VALUE?
S19... END AUTOMATIC NAVIGATION, END DETECTION OF SWATH DATA
S21... DOES SWATH DATA EXIST THAT IS SHALLOWER THAN FIRST THRESHOLD VALUE?
CC... END
S23... SELECT MODE
S25... POLYGONAL LINE MODE SELECTED?
S27... CALCULATE SURVEY LINE DATA FOR PARALLEL LINE MODE
S29... CALCULATE SURVEY LINE DATA FOR POLYGONAL LINE MODE

(57) Abstract: A mobile body system 10 is provided with an unmanned vessel 12, a sonar measurement PC 18, and a sonar unit 20. The sonar measurement PC 18 and the sonar unit 20 detect swath data, and the sonar measurement PC 18 sets a next survey line on the basis of the detected swath data. The detection of the swath data by the sonar measurement PC 18 and the sonar unit 20, and the setting of the next survey line by the sonar measurement PC 18, are repeatedly performed. The sonar measurement PC 18 selects a parallel line mode in which the next survey line is a parallel line that

[続葉有]

(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.

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

is parallel to the survey line, or a polygonal line mode in which the next survey line is a polygonal line, and in the parallel line mode, sets the next survey line to be a straight line that passes through the farthest point from the survey line and is parallel to the survey line, and in the polygonal line mode, sets the next survey line to be a polygonal line connecting the farthest points corresponding to line segments into which the survey line was divided.

(57) 要約: 移動体システム10は、無人艇12とソナー計測用PC18とソナー20とを備える。ソナー計測用PC18およびソナー20はスワスデータを検出し、ソナー計測用PC18は、検出されたスワスデータに基づいて次の測線を設定する。ソナー計測用PC18およびソナー20によるスワスデータの検出とソナー計測用PC18による次の測線の設定とを繰り返し実行する。ソナー計測用PC18は、次の測線を測線に平行な平行線にする平行線モードかもしくは折れ線にする折れ線モードかを選択し、平行線モードでは測線に対する最遠ポイントを通りかつ測線と平行な直線を次の測線とし、折れ線モードでは測線を区分した線分に対応する各最遠ポイントを結んだ折れ線を次の測線とする。

明 細 書

発明の名称：移動体システム

技術分野

[0001] この発明は移動体システムに関し、より特定のには湖底または海底等の水底の地形データ収集用の無人艇システムなどの移動体システムに関する。

背景技術

[0002] この種の従来技術の一例が特許文献 1 において開示されている。

[0003] 特許文献 1 には、移動体および経路決定装置を含む自律移動体システムが開示されている。移動体は、所定の観測機能を有し、経路決定装置は、表示部、操作部、観測領域設定部および経路決定部を含む。表示部は、移動体による観測領域を設定するための観測領域設定画像を画面に表示し、使用者による操作部の操作により、観測領域設定画像上に点および直線が描画される。観測領域設定部は、観測領域設定画像上に描画された点および直線の両端部を通る線を表す関数に基づいて観測領域を設定し、経路決定部は、設定された観測領域内で移動体が移動すべき経路を決定する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献 1：特許第 5 8 8 5 7 0 7 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] このような特許文献 1 では、移動体が移動する前に、移動体が移動すべき経路を予め決定する必要があるが、特許文献 1 の図 7 に示す実施形態では、観測領域内で観測されない範囲が発生することなく、移動体が効率的にかつ精度よく観測できるように、観測ピッチが可変的に設定されるが、そのためには予め観測領域における水深などの地形情報が必要であった。

[0006] それゆえにこの発明の主たる目的は、予め地形情報を必要とすることなく効率的にかつ精度よく地形を観測可能な、移動体システムを提供することで

ある。

課題を解決するための手段

- [0007] この発明の或る見地によれば、測線に沿って移動可能な移動体と、移動体が測線に沿って移動中に、地形の3次元位置を含むスワスデータを検出する検出部と、検出部によって検出されたスワスデータに基づいて、移動体に沿って移動するための次の測線を設定する設定部と、検出部によるスワスデータの検出と設定部による次の測線の設定とを実行させる制御部とを備える、移動体システムが提供される。
- [0008] この発明によれば、移動体が測線に沿って移動中に、地形の3次元位置を含むスワスデータを検出し、そのスワスデータに基づいて、移動体が移動するための次の測線を設定する。このように、移動体が測線を通過した後に次の測線を設定できるので、移動体の進むべき次の経路を予め決定しておく必要がない。また、取得したスワスデータに基づいて、すなわち移動体が移動している測線付近の地形データを考慮しながら、次の測線を設定できるので、地形情報を予め準備せずとも、測線を適切に設定できる。これにより、凹凸が混在する地形であっても、漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形データを取得でき、効率的にかつ精度よく地形を観測できる。
- [0009] 好ましくは、3次元位置は、2次元位置および深さを含み、制御部は、検出部によるスワスデータの検出と設定部による次の測線の設定とを繰り返し実行する。この場合、移動体が測線に沿って移動中に、地形の2次元位置および深さを含むスワスデータを検出し、そのスワスデータに基づいて、移動体が移動するための次の測線を設定する。そして、この処理を繰り返す。このように、移動体が測線を通過する度に次の測線を設定できるので、移動体の進むべき経路全体を予め決定しておく必要がない。また、取得したスワスデータに基づいて、すなわち移動体が移動している測線付近の地形の2次元位置および深さを考慮しながら、次の測線を設定できるので、地形情報を予め準備せずとも、測線を適切に設定できる。これにより、浅い場所と深い場

所とが混在する地形であっても、漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形データを取得でき、効率的にかつ精度よく地形を観測できる。

[0010] また好ましくは、設定部は、スワスデータに含まれる２次元位置の中から測線に対する最近ポイントと最遠ポイントとの間の所定ポイントを抽出し、所定ポイントを通る線を次の測線とする。このようにスワスデータを検出した所定ポイントを通る線を次の測線とすることによって、さらに漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形を観測できる。ここで、所定ポイントは、最近ポイントまたは最遠ポイントであってもよい。

[0011] さらに好ましくは、設定部は、所定ポイントを通りかつ測線に平行な直線を次の測線とする。このような平行な直線を次の測線とすることによって、次の測線を容易に設定でき、漏れなく地形を観測できる。

[0012] 好ましくは、設定部は、折れ点数を設定し、折れ点数に基づいて測線を線分に区分し、線分に対応するスワスデータ毎に含まれる２次元位置の中から測線に対する最近ポイントと最遠ポイントとの間の所定ポイントを抽出し、抽出された各所定ポイントを結んで得られる折れ線を次の測線とする。このような折れ線を次の測線とすることによって、さらに適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形を観測できる。

[0013] さらに好ましくは、設定部は、次の測線を測線に近づける方向または遠ざける方向にオフセットする。この場合、さらに漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形を観測できる。

[0014] 好ましくは、設定部によって設定される次の測線を測線に平行な平行線にする平行線モードかそれとも折れ線にする折れ線モードかのいずれかを選択する選択部をさらに含む。この場合、状況に適した地形の観測が可能となる。

[0015] また好ましくは、制御部は、スワスデータが深さに関する第１の閾値より浅いことを示すとき、移動体の移動を終了させるかまたは警告を発する。この場合、移動体の良好な移動を確保できる。

[0016] さらに好ましくは、制御部は、スワスデータが深さに関する第1の閾値より浅いことを示すとき、設定部による次の測線の設定を実行しない。この場合、移動体が地面に接触することを事前に回避することができる。

[0017] 好ましくは、制御部は、スワスデータが深さに関する第2の閾値より浅いことを示すとき、測線に沿った移動体の移動を終了させ、設定部による次の測線の設定を実行する場合には、測線において移動体の移動が終了するまでに検出されたスワスデータに基づいて実行する。この場合、移動体が地面に接触することを回避しながら、地形の観測を継続することができる。

[0018] また好ましくは、移動体は水上を移動し、検出部は水中のスワスデータを検出する。この発明は、水中の地形データの収集に好適に用いられる。

発明の効果

[0019] この発明によれば、予め地形情報を必要とすることなく効率的にかつ精度よく地形を観測可能な、移動体システムが得られる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]この発明の一実施形態に係る移動体システムを示す斜視図である。

[図2]無人艇の内部構造を示す斜視図である。

[図3]無人艇を下方から見た斜視図である。

[図4]スワスデータ検出時の無人艇を示す概略図である。

[図5]図1の移動体システムを示すブロック部である。

[図6]移動体システムの初期設定の動作の一例を示すフロー図である。

[図7]無人艇の自動航行の動作の一例を示すフロー図である。

[図8]図7の動作の続きを示すフロー図である。

[図9]平行線モードでの測線データ算出の動作の一例を示すフロー図である。

[図10]折れ線モードでの測線データ算出の動作の一例を示すフロー図である。

[図11]折れ線モードでの測線データ算出における折れ点算出の動作の一例を示すフロー図である。

[図12]折れ線モードでの測線データ算出における折れ点置き換えの動作の一

例を示すフロー図である。

[図13] (a) は測線を示す概略図であり、(b) は測線に沿って移動中の無人艇を示す概略図であり、(c) は無人艇が測線の終点に位置している状態を示す概略図であり、(d) は無人艇が測線を途中で放棄した状態を示す概略図である。

[図14] 平行線モードでの測線データ算出を示す概略図であり、(a) は無人艇が測線の終点まで移動した場合を示し、(b) は無人艇が測線を途中で放棄した場合を示す。

[図15] 折れ線モードでの測線データ算出を示す概略図であり、(a) は無人艇が測線の終点まで移動した場合を示し、(b) は無人艇が測線を途中で放棄した場合を示す。

[図16] 折れ線モードでの測線データ算出を示す概略図であり、(a) は復路において測線を放棄した場合を示し、(b) は往路において測線を放棄した場合を示す。

[図17] (a) は平行線モードでの測線データ算出において次の測線をオフセットした場合を示し、(b) は折れ線モードでの測線データ算出において次の測線をオフセットした場合を示す。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面を参照してこの発明の好ましい実施形態について説明する。

[0022] 図1を参照して、この発明の一実施形態に係る移動体システム10は、水上を移動する無人艇12および基地局14を含む。なお、この発明の実施形態における、前後、左右、上下とは、無人艇12を基準とした前後、左右、上下を意味する。また、この発明の実施形態では、無人艇12が移動体に相当する。

[0023] 図1～図3を参照して、無人艇12は、艇体16、ソナー計測用PC18、ソナー20、自動航行コントローラ22、船外機24、バッテリー26、発電機28、測位装置30、および無線LANアンテナ32a、32bを含む。

- [0024] 艇体 16 は、前後方向に延び、本体部 34 およびカバー部 36 を有する。本体部 34 は、下方に向かって凹むように形成される。また、本体部 34 の底部 38 の前後方向の中央よりもやや前方には、略 T 字状の穴 40 が形成される。カバー部 36 は、本体部 34 の上方に取り付けられる。
- [0025] ソナー計測用 P C 18 は、カバー部 36 の前後方向の中央よりもやや前方に設けられる。
- [0026] ソナー 20 は、ヘッド 42 および船上ユニット 44 を有する。ヘッド 42 は、本体部 34 の前後方向の中央よりもやや前方において、ヘッド 42 の下部が穴 40 から露出するように設けられる。図 4 をも参照して、ヘッド 42 は、湖底に向かって略扇状のマルチビームを発射し、湖底までの距離等を計測する。船上ユニット 44 は、ヘッド 42 よりも上方において、後述する G P S 受信部 56 の上部に取り付けられる。船上ユニット 44 は、ソナー計測用 P C 18、ヘッド 42 および G P S 受信部 56 に電氣的に接続され、ソナー計測用 P C 18、ヘッド 42 および G P S 受信部 56 が、相互に情報の送受信を行えるようにする。
- [0027] 自動航行コントローラ 22 は、本体部 34 の前後方向の中央よりもやや後方に取り付けられる制御箱 46 内に格納される。
- [0028] 船外機 24 は、主機ドライバ 48 および操舵サーボドライバ 50 を有し、本体部 34 の後端部に取り付けられる。主機ドライバ 48 は、船外機 24 のスクリュー 52 を回転させるために船外機 24 の上部に位置する。主機ドライバ 48 としては、たとえば、モータが用いられる。操舵サーボドライバ 50 は、船外機 24 を左右に回動させるために主機ドライバ 48 の下方に位置する。
- [0029] バッテリ 26 は、本体部 34 の後部に設けられる。
- [0030] 発電機 28 は、カバー部 36 の後部に設けられる。
- [0031] 測位装置 30 は、G P S アンテナ 54 a、54 b、G P S 受信部 56 および姿勢センサ 58 を有する。G P S アンテナ 54 a は、カバー部 36 の前部に取り付けられる支柱 60 の上端部に設けられ、G P S アンテナ 54 b は、

カバー部 3 6 の後部に取り付けられる支柱 6 2 の上端部に設けられる。GPS アンテナ 5 4 a, 5 4 b は、GPS 衛星 6 4 (図 5 参照) からの GPS 信号を受信する。GPS 受信部 5 6 は、本体部 3 4 の前後方向の中央よりもやや前方において、ヘッド 4 2 の上方に設けられる平板 6 6 上に取り付けられる。GPS 受信部 5 6 は、GPS アンテナ 5 4 a, 5 4 b が受信した GPS 信号に基づいて、無人艇 1 2 の位置および向きを算出する。姿勢センサ 5 8 は、ヘッド 4 2 の前方において本体部 3 4 に取り付けられ、無人艇 1 2 の傾きを検出する。

[0032] 無線 LAN アンテナ 3 2 a は、支持部材 6 8 を介して支柱 6 0 に取り付けられ、無線 LAN アンテナ 3 2 b は、支持部材 7 0 を介して支柱 6 2 に取り付けられる。

[0033] 基地局 1 4 は、基地局 PC 7 4、無線 LAN ルータ 7 6 および無線 LAN アンテナ 7 8 を含み、たとえば、陸上に設置される。

[0034] 図 5 を参照して、移動体システム 1 0 の電氣的構成について説明する。

[0035] ソナー計測用 PC 1 8 は、無人艇 1 2 が沿って移動するための測線を設定する機能を有する。測線とは、無人艇 1 2 がソナー 2 0 で計測しながら移動する際に、移動の目標とする水面上の仮想線である。また、ソナー計測用 PC 1 8 は、ソナー 2 0 (船上ユニット 4 4) に接続され、ソナー 2 0 (ヘッド 4 2) によって計測された計測データおよび測位装置 3 0 によって算出された無人艇 1 2 の位置情報に基づいて、湖底の地形を表す 3 次元位置を含むスワスデータを算出する機能を有する。さらに、ソナー計測用 PC 1 8 は、算出したスワスデータに基づいて、無人艇 1 2 が沿って移動するための次の測線を設定する機能を有する。また、ソナー計測用 PC 1 8 は、ソナー 2 0 (船上ユニット 4 4) を介して測位装置 3 0 に接続されており、無人艇 1 2 の位置情報を取得することができる。さらに、ソナー計測用 PC 1 8 は、測位系ネットワークハブ 8 0 を介しても測位装置 3 0 に接続されており、これによって測位装置 3 0 の設定の変更等を行うことができる。

[0036] 自動航行コントローラ 2 2 は、測位系ネットワークハブ 8 0 を介して測位

装置 30 に接続され、無人艇ネットワークハブ 82 を介してソナー計測用 PC 18 に接続される。自動航行コントローラ 22 は、測位装置 30 から得られる無人艇 12 の位置および向きの情報と、ソナー計測用 PC 18 から得られる無人艇 12 が沿って移動するための測線の情報とに基づいて、無人艇 12 を測線に沿って移動させる。自動航行コントローラ 22 は、主機ドライバ 48、操舵サーボドライバ 50 およびバッテリー 26 にも接続される。自動航行コントローラ 22、主機ドライバ 48、操舵サーボドライバ 50 およびバッテリー 26 は、たとえばコントローラエリアネットワーク (Controller Area Network : CAN) を介して、接続される。自動航行コントローラ 22 は、無人艇 12 を測線に沿って移動させるとき、主機ドライバ 48 を作動させることによってスクリュウ 52 (図 1 参照) を回転させ、無人艇 12 を前進させる。また、自動航行コントローラ 22 は、操舵サーボドライバ 50 を作動させることによって無人艇 12 を左右に旋回させる。自動航行コントローラ 22 は、無人艇 12 の移動を終了させるとき、主機ドライバ 48 および操舵サーボドライバ 50 を停止する。

[0037] 基地局 PC 74 とソナー計測用 PC 18 および自動航行コントローラ 22 とは、無線 LAN ルータ 76 および無線 LAN アンテナ 78 と、無線 LAN ルータ 84 および無線 LAN アンテナ 32 a, 32 b とを介して、相互に通信可能となる。したがって、基地局 PC 74 とソナー計測用 PC 18 との間でデータの送受信等を行える他、基地局 PC 74 を用いてソナー計測用 PC 18 および自動航行コントローラ 22 を遠隔操作することができる。

[0038] なお、この実施形態では、ソナー計測用 PC 18 とソナー 20 と測位装置 30 とが、検出部に相当する。また、ソナー計測用 PC 18 が、設定部、制御部および選択部に相当する。

[0039] 以下、移動体システム 10 の動作について説明する。

[0040] 図 5 および図 6 を参照して、ソナー計測用 PC 18 を用いて移動体システム 10 の初期設定を行う。このとき、ユーザーは、基地局 PC 74 を用いてソナー計測用 PC 18 を遠隔操作することによって、基地局 14 に居ながら

移動体システム 10 の初期設定を行うことができる。まず、無人艇 12 が最初に沿って移動するための測線を作成する（ステップ S 1）。この実施形態では、無人艇 12 が最初に沿って移動するための測線を基準測線という。たとえば、図 13（a）を参照して、基準測線 A 1 を作成するときは、水面上における始点 B の X 座標と Y 座標、および終点 C の X 座標と Y 座標を設定し、始点 B と終点 C とを結んだ直線を基準測線 A 1 とすることができる。基準測線を作成した後は、基準測線に対するソナー 20 による計測作業の進行方向を設定する（ステップ S 3）。たとえば、図 13（a）に示すように、基準測線 A 1 に対する計測作業の進行方向 D を設定する。進行方向 D は、次の測線を設定する方向でもある。計測作業の進行方向を設定した後は、計測作業を終了するか否かの判定の基準となる深さを示す第 1 閾値を設定する（ステップ S 5）。第 1 閾値を設定した後は、無人艇 12 が現在沿って移動中の測線を途中で放棄するか否かの判定の基準となる深さを示す第 2 閾値を設定する（ステップ S 7）。ここで、「測線を途中で放棄する」とは、無人艇 12 が測線の終点まで辿り着く前に、無人艇 12 の測線に沿った移動を終了することをいう。測線を放棄した位置から測線の終点までの区間は、計測作業を行わない。たとえば、図 13（d）を参照して、無人艇 12 が、基準測線 A 1 に沿って移動中に第 2 閾値よりも浅いスワスデータ E 2 を検出した場合、無人艇 12 は、基準測線 A 1 に沿った移動を終了する、すなわち基準測線 A 1 を途中で放棄する。そして、基準測線 A 1 を放棄した位置 F から基準測線 A 1 の終点 C までの区間 G については計測作業を行わない。

[0041] 図 5 および図 7 を参照して、初期設定（ステップ S 1～S 7）を行った後、ユーザーは、基地局 PC 74 を用いてソナー計測用 PC 18 を遠隔操作することによって、計測作業開始の操作を行う。たとえば、ソナー計測用 PC 18 の画面上に表示された計測作業開始のボタンをクリックする。計測作業開始の操作を行うと、ソナー計測用 PC 18 は、変数 M を 1 とし（ステップ S 9）、自動航行コントローラ 22 に自動航行開始の指示を与える。

[0042] 自動航行開始の指示を受けた自動航行コントローラ 22 は、主機ドライバ

48および操舵サーボドライバ50を作動させ、無人艇12を測線に沿って移動させる（ステップS11）。

[0043] 図4をも参照して、無人艇12が測線に沿って移動を開始すると、ソナー20は、ヘッド42から湖底（水中）に向かってマルチビームを照射し、湖底までの距離等の計測を開始する。そして、ソナー計測用PC18は、ソナー20によって計測された計測データおよび測位装置30によって算出された無人艇12の位置情報に基づいて、湖底の地形を表す3次元位置を含むスワデータを検出する（ステップS13）。湖底の地形を表す3次元位置とは、2次元位置および深さを含み、2次元位置はX座標およびY座標で示され、深さはZ座標で示される。ここで、2次元位置とは、ユニバーサル横メルカトル図法の座標をいい、深さとは、水面から湖底までの鉛直方向の距離をいう。このように、この実施形態では、無人艇12が測線に沿って移動中に、ソナー計測用PC18とソナー20と測位装置30とによって、地形を表す3次元位置を含む水中のスワデータを検出する。

[0044] スワデータを検出すると、ソナー計測用PC18は、測位装置30によって算出された無人艇12の位置情報と、無人艇12が沿って移動中の測線の情報とに基づいて、無人艇12が測線の終点に位置しているか否かを判定する（ステップS15）。無人艇12が測線の終点に位置していなければステップS17に進み、無人艇12が測線の終点に位置していればステップS19に進む。

[0045] ステップS17では、ソナー計測用PC18が、ステップS13で検出されたスワデータのうち、第2閾値よりも浅いスワデータがあるか否かを判定する。第2閾値よりも浅いスワデータがあればステップS19に進み、第2閾値よりも浅いスワデータがなければステップS13に戻ってスワデータの検出を行う。なお、この実施形態では、ステップS17からステップS19に進んだ場合、測線を途中で放棄したことを示す。

[0046] ステップS19では、ソナー計測用PC18が、自動航行コントローラ22に自動航行終了（測線に沿った移動の終了）の指示を与え、スワデータ

の検出を終了する。ソナー計測用PC18から指示を受けた自動航行コントローラ22は、主機ドライバ48および操舵サーボドライバ50を停止させ、無人艇12の移動を終了させる。

[0047] 図13(b)～(d)を参照して、たとえば、無人艇12を基準測線A1の始点Bから終点Cに向かって移動させ、図13(b)に示すように、無人艇12が基準測線A1の終点Cに位置しておらずかつ第2閾値よりも浅いスワデータが検出されていない場合は、基準測線A1に沿って移動しながらスワデータEの検出を繰り返し行う。図13(c)に示すように、無人艇12が基準測線A1の終点Cまで辿り着いた場合は、基準測線A1に沿った移動およびスワデータEの検出を終了する。図13(d)に示すように、第2閾値よりも浅いスワデータE2が検出された場合には、基準測線A1を途中で放棄し、基準測線A1に沿った移動およびスワデータEの検出を終了する。

[0048] スワデータの検出が終了すると、ソナー計測用PC18が、ステップS13で検出されたスワデータのうち、第1閾値よりも浅いスワデータがあるか否かを判定する(ステップS21)。第1閾値よりも浅いスワデータがあれば、次の測線の設定を実行せず、計測作業を終了する。第1閾値よりも浅いスワデータがなければ、ステップS23に進む。たとえば、図13(c)に示すように、第1閾値よりも浅いスワデータE1が検出されていた場合は、次の測線を設定することなく、計測作業を終了する。

[0049] ステップS23では、ユーザーが基地局14からソナー計測用PC18を遠隔操作することによって、ソナー計測用PC18は、次の測線を、基準測線に平行な平行線にする平行線モードか、それとも折れ線にする折れ線モードかを選択する。

[0050] ソナー計測用PC18は、ステップS23で選択されたモードが折れ線モードか否かを判定する(ステップS25)。選択されたモードが折れ線モードでなければ、ステップS27に進み、選択されたモードが折れ線モードであれば、ステップS29に進む。

- [0051] 図5、図7および図9を参照して、平行線モードの測線データ算出（ステップS27）について説明する。
- [0052] ソナー計測用PC18は、変数 N_{max} を1とし（ステップS101）、ステップS13で検出した全てのスワスデータのうち、直近の測線から計測作業の進行方向側にあるスワスデータを全て選択する（ステップS103）。ここで、直近の測線を途中で放棄した場合には、測線を放棄するまでに検出されたスワスデータのうち、測線から計測作業の進行方向側にあるスワスデータを選択する。
- [0053] ソナー計測用PC18は、ステップS103で選択されたスワスデータのZ座標を0（水面上）に設定する（ステップS104）。ソナー計測用PC18は、ステップS104でZ座標が0に設定されたスワスデータのうち、測線からの最遠ポイントを抽出する（ステップS105）。この実施形態では、最遠ポイントは、沿って移動していた直近の測線に対して垂直な方向において、沿って移動していた直近の測線から最も遠い座標である。
- [0054] ソナー計測用PC18は、ステップS105で抽出された最遠ポイントを通り、基準測線に平行な直線を算出する（ステップS107）。
- [0055] ソナー計測用PC18は、ステップS107で算出された直線上で、基準測線の始点から最も近い点を点P0とし、基準測線の終点から最も近い点を点 $P_{N_{max}+1}$ とする（ステップS109）。ここで、ステップS101において変数 $N_{max}=1$ としているので、 $P_{N_{max}+1}=P2$ となる。
- [0056] そして、ソナー計測用PC18は、測線を途中で放棄したか否かを判定し（ステップS111）、測線を途中で放棄していればステップS113に進み、測線を放棄していなければステップS115に進む。この実施形態では、ステップS17からステップS19に進んでいれば測線を途中で放棄したと判定し、ステップS15からステップS19に進んでいれば測線を放棄していないと判定する。
- [0057] 測線を途中で放棄している場合、ソナー計測用PC18は、ステップS107で算出した直線上において、測線を放棄したときの無人艇12の位置か

ら最も近い点を点 P_{Nmax} として（ステップ S 1 1 3）、処理を終了する。ここで、変数 $N_{max} = 1$ より、 $P_{Nmax} = P_1$ となる。

[0058] 一方、測線を途中で放棄していない場合、ソナー計測用 PC 1 8 は、点 P_{Nmax} を点 $P_{Nmax} + 1$ として（ステップ S 1 1 5）、処理を終了する。ここで、変数 $N_{max} = 1$ より、 $P_1 = P_2$ となる。すなわち、測線を途中で放棄していない場合、ステップ S 1 1 3 で設定された P_1 に相当する値は存在しないので、図 8 のステップ S 3 9, S 4 1 の処理を適切に実行できるように、 P_1 として P_2 を用いる。ここで、 P_1 として P_0 を用いてもよい。

[0059] 図 1 4 (a) および (b) を参照して、たとえば、図 1 4 (a) に示すように、無人艇 1 2 が基準測線 A 1 の終点 C まで辿り着いて自動航行を終了した場合には、基準測線 A 1 よりも計測作業の進行方向 D 側（右側）にあるスワデータ E 3 を全て選択する。そして、スワデータ E 3の中から最遠ポイント H を抽出し、最遠ポイント H を通るかつ基準測線 A 1 に平行な直線 A 2 を算出する。直線 A 2 上で基準測線 A 1 の始点 B から最も近い点を点 P_0 とし、直線 A 2 上で基準測線 A 1 の終点 C から最も近い点を点 P_2 とする。最後に P_1 として P_2 を用いる。図 1 4 (b) に示すように、基準測線 A 1 を途中で放棄して自動航行を終了した場合には、図 1 4 (a) に示す場合と同様の方法で P_0 と P_2 とを算出する。そして、直線 A 2 上において、基準測線 A 1 を放棄したときの無人艇 1 2 の位置 F から最も近い点を点 P_1 とする。

[0060] 図 5、図 7 および図 1 0 を参照して、折れ線モードの測線データ算出（ステップ S 2 9）について説明する。

[0061] ユーザーは、基地局 1 4 からソナー計測用 PC 1 8 を遠隔操作して、次の測線の折れ点数として変数 N_{max} を設定する（ステップ S 2 0 1）。また、ユーザーは、後述する図 1 1 に示すステップ S 3 1 1 で使用する規定値を設定する（ステップ S 2 0 3）。規定値としては、水面上の任意の X 座標および Y 座標を設定すればよく、たとえば、 $(X, Y, Z) = (0, 0, 0)$

とする。

[0062] ソナー計測用PC18は、基準測線の長さ、ステップS201で設定された折れ点数（変数 N_{max} ）とに基づいて、基準測線を折れ点数（変数 N_{max} ）と同じ数の区間に分け、区間ごとの線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ を算出する（ステップS205）。

[0063] 図15（a）および（b）を参照して、たとえば、図15（a）に示すように、無人艇12が基準測線A1の終点Cまで辿り着いて自動航行を終了した場合には、基準測線A1を変数 N_{max} と同じ数の区間に分け、区間ごとの線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ を算出する。図15（b）に示すように、基準測線A1を途中で放棄して自動航行を終了した場合にも、図15（a）に示す場合と同様の方法で線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ を算出する。

[0064] ソナー計測用PC18は、線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ を算出すると、各線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ に対応する折れ点 $P_1 \sim P_{N_{max}}$ を算出する（ステップS207）。

[0065] 図11を参照して、折れ点 $P_1 \sim P_{N_{max}}$ の算出（ステップS207）について説明する。ソナー計測用PC18は、ステップS13で検出した全てのスワスデータのうち、測線から計測作業の進行方向側にあるスワスデータを選択する（ステップS301）。ここで、測線を途中で放棄した場合には、測線を放棄するまでに検出されたスワスデータのうち、測線から計測作業の進行方向側にあるスワスデータを選択する。

[0066] ついで、ソナー計測用PC18は、変数 N を1とし（ステップS303）、測線から計測作業の進行方向側にあるスワスデータのうち、線分 L_N の区間において計算に用いるべきスワスデータを選択する（ステップS305）。

[0067] ソナー計測用PC18は、選択可能なスワスデータが存在するか否かを判定し（ステップS307）、存在する場合、ステップS308に進む。測線を途中で放棄したことによって、選択可能なスワスデータが存在しない場合、ステップS311に進む。

- [0068] ステップS308では、ソナー計測用PC18は、ステップS305で選択されたスワスデータのZ座標を0（水面上）に設定する。ステップS309では、ソナー計測用PC18は、ステップS308でZ座標が0に設定されたスワスデータのうち、線分LNからの最遠ポイントを抽出する。そして、ソナー計測用PC18は、抽出した最遠ポイントを点PNとし、N番目の折れ点とする（ステップS313）。
- [0069] 一方、ステップS311では、ステップS309のように最遠ポイントを抽出することができないので、ソナー計測用PC18は、点PNの座標値を一時的にステップS203で設定しておいた規定値とする。
- [0070] このようにして点PNを算出すると、ソナー計測用PC18は、Nが N_{max} より小さいか否かを判定し（ステップS315）、Nが N_{max} より小さければNに1を加えて（ステップS317）、ステップS305に戻り、折れ点の算出を繰り返し行う。Nが N_{max} より小さくなければ処理を終了する。
- [0071] 図15（a）および（b）を参照して、たとえば、図15（a）に示す場合には、基準測線A1から計測作業の進行方向D側にあるスワスデータE3を全て選択する。そして、まず、スワスデータE3のうち線分L1の区間において計算に用いるべきスワスデータE31を選択し、スワスデータE31のZ座標を0に設定する。ついで、Z座標が0に設定されたスワスデータのうち、線分L1に対して垂直な方向における最遠ポイントを抽出し、抽出した最遠ポイントを点P1とし、1番目の折れ点とする。これを線分L2～L N_{max} の区間についても同様に行い、スワスデータE32～E3 N_{max} に基づいて点P2～P N_{max} をそれぞれ算出する。図15（b）に示す場合には、線分L1～L3の区間については、図15（a）に示す場合と同様に処理を行う。線分L4～L N_{max} の区間Gについては、選択可能なスワスデータが存在せず、点P4～P N_{max} を算出できない。したがって、点P4～P N_{max} の座標値を、一時的に規定値とする。
- [0072] 図10に戻って、ソナー計測用PC18は、ステップS207において一

時的に規定値とされた点 P_N がある場合、点 P_N を規定値ではない点 $P_1 \sim P_{N_{max}}$ のいずれかに置き換える（ステップ S209）。

[0073] 図12および図16を参照して、点 $P_1 \sim P_{N_{max}}$ への置き換えについて説明する。

[0074] まず、ソナー計測用 PC18 は、点 P_1 が規定値か否かを判定する（ステップ S401）。点 P_1 が規定値であれば、ステップ S403 に進む。点 P_1 が規定値でなければ、ステップ S405 に進む。ここで、点 P_1 が規定値の場合とは、たとえば図16（a）に示すように、復路において測線を途中で放棄した場合である。点 P_1 が規定値でない場合とは、たとえば図16（b）に示すように、往路において測線を途中で放棄した場合である。なお、点 P_0 側から点 $P_{N_{max}+1}$ 側（始点 B 側から終点 C 側）に向かって移動する場合は往路であり、点 $P_{N_{max}+1}$ 側から点 P_0 側に向かって移動する場合は復路である。

[0075] ステップ S403 では、変数 N を N_{max} とし、点 P_N が規定値か否かを判定する（ステップ S407）。点 P_N が規定値でなければステップ S409 に進む。点 P_N が規定値であれば、点 P_N を点 P_{N+1} に置き換えて（ステップ S411）、ステップ S409 に進む。ステップ S409 では、変数 N が1か否かを判定し、変数 N が1でなければ変数 N から1を減じて（ステップ S413）ステップ S407 に戻り、処理を繰り返し行う。変数 N が1であれば処理を終了する。

[0076] 図16（a）に示すように、たとえば、復路において測線を途中で放棄し点 $P_1 \sim P_{N_{max}-4}$ が規定値とされている場合、点 $P_{N_{max}} \sim P_1$ の順番に規定値か否かが判定される。点 $P_{N_{max}} \sim P_{N_{max}-3}$ は規定値ではないので、置き換えの処理は行われない。点 $P_{N_{max}-4}$ は規定値であるので、点 $P_{N_{max}-3}$ に置き換えられる。ついで、点 $P_{N_{max}-5}$ は規定値であるので、点 $P_{N_{max}-4}$ に置き換えられる。点 $P_{N_{max}-4}$ は点 $P_{N_{max}-3}$ に置き換えられているので、点 $P_{N_{max}-5}$ は点 $P_{N_{max}-3}$ に置き換えられたことになる。同様の処理を繰り返し行うこと

で、点 $P_1 \sim P_{N_{max}-4}$ は、点 $P_{N_{max}-3}$ に置き換えられる。

[0077] 一方、ステップ S 4 0 5 では、変数 N を 1 とし、点 P_N が規定値か否かを判定する（ステップ S 4 1 5）。点 P_N が規定値でなければステップ S 4 1 7 に進む。点 P_N が規定値であれば、点 P_N を点 P_{N-1} に置き換えて（ステップ S 4 1 9）、ステップ S 4 1 7 に進む。ステップ S 4 1 7 では、変数 N が N_{max} か否かを判定し、変数 N が N_{max} でなければ、変数 N に 1 を加えて、ステップ S 4 1 5 に戻り、変数 N が N_{max} であれば処理を終了する。

[0078] 図 1 6 (b) に示すように、たとえば、往路において測線を途中で放棄し点 $P_4 \sim P_{N_{max}}$ が規定値とされている場合、点 $P_1 \sim P_{N_{max}}$ の順番に規定値か否かが判定される。点 $P_1 \sim P_3$ は規定値ではないので、置き換えの処理は行われない。点 P_4 は規定値であるので、点 P_3 に置き換えられる。ついで、点 P_5 は規定値であるので、点 P_4 に置き換えられる。点 P_4 は点 P_3 に置き換えられているので、点 P_5 は点 P_3 に置き換えられたことになる。同様の処理を繰り返し行うことで、点 $P_4 \sim P_{N_{max}}$ は、点 P_3 に置き換えられる。

[0079] 図 1 0 に戻って、点 P_1 を通り基準測線に平行な直線を算出し、その直線上で基準測線の始点に最も近い点を点 P_0 とする（ステップ S 2 1 1）。そして、点 $P_{N_{max}}$ を通り基準測線に平行な直線を算出し、その直線上で基準測線の終点に最も近い点を点 $P_{N_{max}+1}$ とする（ステップ S 2 1 3）。

[0080] 図 1 5 (a) および (b) を参照して、たとえば、図 1 5 (a) に示す場合には、点 P_1 を通り基準測線 A_1 に平行な直線 A_2 を算出し、直線 A_2 上で基準測線 A_1 の始点 B に最も近い点を点 P_0 とする。そして、点 $P_{N_{max}}$ を通り基準測線 A_1 に平行な直線 A_3 を算出し、直線 A_3 上で基準測線 A_1 の終点 C に最も近い点を点 $P_{N_{max}+1}$ とする。図 1 5 (b) に示す場合にも、同様の方法で点 P_0 を算出する。そして、点 $P_{N_{max}}$ が点 P_3 に置き換えられているので、点 P_3 を通り基準測線 A_1 に平行な直線 A_3 を算

出し、直線A 3上で基準測線A 1の終点Cに最も近い点を点 $P N_{max} + 1$ とする。

[0081] 図8を参照して、平行線モードまたは折れ線モードによって測線データ($P 0 \sim P N_{max} + 1$)の算出が終了すると、基地局PC 74に点 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ が表示され、ユーザーはこれを目視で確認する(ステップS 31)。ユーザーは、目視で確認した結果に基づいて、点 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ をオフセット処理するためのオフセット値を、ソナー計測用PC 18を遠隔操作して入力する(ステップS 33)。オフセット処理しない場合は、0を入力する。ソナー計測用PC 18は、入力されたオフセット値に応じて、点 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ を、測線に近づける方向または遠ざける方向にオフセットする(ステップS 35)。

[0082] 図17(a)および(b)を参照して、たとえば、図17(a)に示す場合では、点 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ を基準測線A 1に近づける方向に距離 l_1 だけ平行にオフセットしている。図17(b)に示す場合には、点 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ を基準測線A 1から遠ざける方向に距離 l_2 だけ平行にオフセットしている。

[0083] オフセット処理が終了すると、ソナー計測用PC 18は、変数Mが奇数かどうかを判定する(ステップS 37)。変数Mが奇数であれば点 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ を逆の順に結んだ線を次の測線とする(ステップS 39)。すなわち、無人艇12は、ステップS 39で得られた次の測線においては、点 $P N_{max} + 1$ を始点とし、点P 0を終点として移動していく。一方、変数Mが奇数でなければ、 $P 0 \sim P N_{max} + 1$ の順に結んだ線を次の測線とする(ステップS 41)。すなわち、無人艇12は、ステップS 41で得られた次の測線においては、点P 0を始点とし、点 $P N_{max} + 1$ を終点として移動していく。

[0084] 上述したように、ソナー計測用PC 18は、ソナー計測用PC 18とソナー20と測位装置30とによって検出されたスワスデータに基づいて、無人艇12が沿って移動するための次の測線を設定する。ソナー計測用PC 18

は、平行線モードが選択された場合には、最遠ポイントを通りかつ基準測線に平行な直線を次の測線とする。また、ソナー計測用 P C 1 8 は、折れ線モードが選択された場合には、最遠ポイントを結んで得られる折れ線を次の測線とする。

[0085] 最後に、ソナー計測用 P C 1 8 は、途中で測線を放棄したか否かを判定し（ステップ S 4 3）、放棄していなければ変数 M に 1 を加えて（ステップ S 4 5）、ステップ S 1 1 に戻る。測線を放棄した場合において、平行線モードで測線データ算出を行った場合は、測線を放棄したときの無人艇 1 2 の位置から最も近い点 P 1 を次の測線の始点とし、折れ線モードで測線データ算出を行った場合は、測線を放棄したときの無人艇 1 2 の位置から最も近い点 P N を次の測線の始点とする（ステップ S 4 7）。すなわち、測線を放棄した場合、次の測線の始点は、点 P 0 または点 P N m a x + 1 ではなく、平行線モードでは点 P 1 となり、折れ線モードでは点 P N となる。

[0086] たとえば、図 1 4 （ b ） に示す場合には、点 P 1 が次の測線の始点となり、点 P 0 に向かって無人艇 1 2 が移動する。図 1 5 （ b ） に示す場合には、点 P 3 が次の測線の始点となり、点 P 2、点 P 1 および点 P 0 の順番に無人艇 1 2 が移動する。そして、変数 M に 1 を加えて（ステップ S 4 5）、ステップ S 1 1 に戻る。

[0087] 上述したように、ソナー計測用 P C 1 8 は、第 1 閾値よりも浅いスワスデータが検出されなければ、スワスデータの検出と、次の測線の設定とを繰り返し実行する。

[0088] このような移動体システム 1 0 によれば、無人艇 1 2 が測線に沿って移動中に、地形の 3 次元位置を含むスワスデータを検出し、そのスワスデータに基づいて、無人艇 1 2 が移動するための次の測線を設定する。このように、無人艇 1 2 が測線を通過した後に次の測線を設定できるので、無人艇 1 2 の進むべき次の経路を予め決定しておく必要がない。また、取得したスワスデータに基づいて、すなわち無人艇 1 2 が移動している測線付近の地形データを考慮しながら、次の測線を設定できるので、地形情報を予め準備せずとも

、測線を適切に設定できる。これにより、凹凸が混在する地形であっても、漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形データを取得でき、効率的にかつ精度よく地形を観測できる。

[0089] 無人艇 1 2 が測線に沿って移動中に、地形の 2 次元位置および深さを含むスワスデータを検出し、そのスワスデータに基づいて、無人艇 1 2 が移動するための次の測線を設定する。そして、この処理を繰り返す。このように、無人艇 1 2 が測線を通過する度に次の測線を設定できるので、無人艇 1 2 の進むべき経路全体を予め決定しておく必要がない。また、取得したスワスデータに基づいて、すなわち無人艇 1 2 が移動している測線付近の地形の 2 次元位置および深さを考慮しながら、次の測線を設定できるので、地形情報を予め準備せずとも、測線を適切に設定できる。これにより、浅い場所と深い場所とが混在する地形であっても、漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形データを取得でき、効率的にかつ精度よく地形を観測できる。

[0090] ソナー計測用 P C 1 8 は、スワスデータに含まれる 2 次元位置の中から測線に対する最遠ポイントを抽出し、最遠ポイントを通る線を次の測線とする。このようにスワスデータを検出した最遠ポイントを通る線を次の測線とすることによって、さらに漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形を観測できる。

[0091] ソナー計測用 P C 1 8 は、平行線モードでは、最遠ポイントを通りかつ基準測線に平行な直線を次の測線とする。このような平行な直線を次の測線とすることによって、次の測線を容易に設定でき、漏れなく地形を観測できる。

[0092] ソナー計測用 P C 1 8 は、折れ線モードでは、折れ点数を設定し、折れ点数に基づいて測線を線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ に区分し、線分 $L_1 \sim L_{N_{max}}$ に対応するスワスデータ毎に含まれる 2 次元位置の中から測線に対する最遠ポイントを抽出し、抽出された最遠ポイントを結んで得られる折れ線を次の測線とする。このような折れ線を次の測線とすることによって、さらに適度

なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形を観測できる。

[0093] ソナー計測用 P C 1 8 は、次の測線を測線に近づける方向または遠ざける方向にオフセットするので、さらに漏れなくかつ適度なオーバーラップを保ちながら無駄なく地形を観測できる。

[0094] ソナー計測用 P C 1 8 は、ソナー計測用 P C 1 8 によって設定される次の測線を測線に平行な平行線にする平行線モードかそれとも折れ線にする折れ線モードかのいずれかを選択できるので、状況に適した地形の観測が可能となる。

[0095] ソナー計測用 P C 1 8 は、スワスデータが深さに関する第 1 の閾値より浅いことを示すとき、ソナー計測用 P C 1 8 による次の測線の設定を実行しないので、無人艇 1 2 が地面に接触することを事前に回避することができる。

[0096] ソナー計測用 P C 1 8 は、スワスデータが深さに関する第 2 の閾値より浅いことを示すとき、測線に沿った無人艇 1 2 の移動を終了させ、ソナー計測用 P C 1 8 による次の測線の設定を実行する場合には、測線において無人艇 1 2 の移動が終了するまでに検出されたスワスデータに基づいて実行するので、無人艇 1 2 が地面に接触することを回避しながら、地形の観測を継続することができる。

[0097] 無人艇 1 2 は水上を移動し、ソナー計測用 P C 1 8 およびソナー 2 0 は水中のスワスデータを検出するので、移動体システム 1 0 は、水中の地形データの収集に好適に用いられる。

[0098] 上述した実施形態では、ソナー計測用 P C 1 8、ソナー 2 0 および測位装置 3 0 が検出部に相当する場合について説明したが、これに限定されず、たとえば、ソナー計測用 P C 1 8 およびソナー 2 0、またはソナー 2 0 のみが検出部に相当してもよい。

[0099] 上述した実施形態では、ソナー計測用 P C 1 8 が、設定部、制御部および選択部に相当する場合について説明したが、これに限定されず、たとえば、基地局 P C 7 4 が、設定部、制御部および選択部に相当してもよい。

[0100] 上述した実施形態では、次の測線を設定するとき、沿って移動していた直

近の測線に対して垂直な方向において、沿って移動していた直近の測線から最遠となるポイントを抽出する場合について説明したが、これに限定されない。たとえば、初期設定時に設定した測線（基準測線）に対して垂直な方向において、沿って移動していた直近の測線から最遠となるポイントを抽出してもよい。また、沿って移動していた直近の測線に対して垂直な方向において、沿って移動していた直近の測線から最近となるポイントを抽出してもよい。また、最近ポイントと最遠ポイントとの間の所定ポイントを抽出してもよい。なお、測線に対して最近となるポイントを通る線は算出しにくい場合があるが、この場合、たとえば、図17（a）に示すように最遠ポイントHを通る直線をオフセットして、最近ポイントJを通る直線を算出することもできる。

[0101] 上述した実施形態では、平行線モードで次の測線を設定するとき、基準測線に平行な直線を次の測線とする場合について説明したが、これに限定されない。たとえば、直近の測線に平行な直線を次の測線としてもよい。

[0102] ソナー計測用PC18は、折れ線モードによって算出された折れ線を、平滑にする機能を有していてもよい。この場合、無人艇12を測線に沿って円滑に移動できる。

[0103] 上述した実施形態では、ユーザーによる操作が必要な場合について説明したが、これに限定されず、たとえば、ソナー計測用PC18が、ユーザーの代わりに自動で処理するようにしてもよい。

[0104] 上述した実施形態では、ソナー計測用PC18は、スワスデータが深さに関する第1閾値よりも浅いことを示すとき、ソナー計測用PC18による次の測線の設定を実行しない場合について説明したが、これに限定されない。ソナー計測用PC18は、スワスデータが深さに関する第1閾値よりも浅いことを示すとき、無人艇12の移動を終了させるかまたは警告を発するようにしてもよい。この場合、無人艇12の良好な移動を確保できる。

[0105] 上述した実施形態では、移動体として水上を移動する無人艇 1 2 を用いて水中のスワスデータを検出する場合について説明したが、これに限定されず、移動体として空中を移動するヘリコプタや航空機等を用いて陸上のスワスデータを検出してもよい。この場合、3次元位置は、2次元位置および高さを含む。高さとは、陸上からヘリコプタや航空機等までの鉛直方向の距離をいう。

[0106] 以上、この発明の好ましい実施形態について説明されたが、この発明の範囲および精神を逸脱しない限りにおいて種々の変更が可能であることは明らかである。この発明の範囲は、添付された請求の範囲のみによって限定される。

符号の説明

[0107]	1 0	移動体システム
	1 2	無人艇
	1 4	基地局
	1 6	艇体
	1 8	ソナー計測用 P C
	2 0	ソナー
	2 2	自動航行コントローラ
	2 6	バッテリー
	3 0	測位装置
	3 2 a, 3 2 b, 7 8	無線 L A N アンテナ
	4 8	主機ドライバ
	5 0	操舵サーボドライバ
	7 4	基地局 P C
	7 6, 8 4	無線 L A N ルータ
	8 0	測位系ネットワークハブ
	8 2	無人艇ネットワークハブ

請求の範囲

- [請求項1] 測線に沿って移動可能な移動体と、
前記移動体が前記測線に沿って移動中に、地形の3次元位置を含むスワデータを検出する検出部と、
前記検出部によって検出された前記スワデータに基づいて、前記移動体に沿って移動するための次の測線を設定する設定部と、
前記検出部による前記スワデータの検出と前記設定部による前記次の測線の設定とを実行させる制御部とを備える、移動体システム。
- [請求項2] 前記3次元位置は、2次元位置および深さを含み、
前記制御部は、前記検出部による前記スワデータの検出と前記設定部による前記次の測線の設定とを繰り返し実行する、請求項1に記載の移動体システム。
- [請求項3] 前記設定部は、前記スワデータに含まれる前記2次元位置の中から前記測線に対する最近ポイントと最遠ポイントとの間の所定ポイントを抽出し、前記所定ポイントを通る線を前記次の測線とする、請求項2に記載の移動体システム。
- [請求項4] 前記設定部は、前記所定ポイントを通りかつ前記測線に平行な直線を前記次の測線とする、請求項3に記載の移動体システム。
- [請求項5] 前記設定部は、折れ点数を設定し、前記折れ点数に基づいて前記測線を線分に区分し、前記線分に対応する前記スワデータ毎に含まれる前記2次元位置の中から前記測線に対する最近ポイントと最遠ポイントとの間の所定ポイントを抽出し、抽出された前記各所定ポイントを結んで得られる折れ線を前記次の測線とする、請求項3に記載の移動体システム。
- [請求項6] 前記設定部は、前記次の測線を前記測線に近づける方向または遠ざける方向にオフセットする、請求項1から5のいずれかに記載の移動体システム。
- [請求項7] 前記設定部によって設定される前記次の測線を前記測線に平行な平

行線にする平行線モードかそれとも折れ線にする折れ線モードかのいずれかを選択する選択部をさらに含む、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の移動体システム。

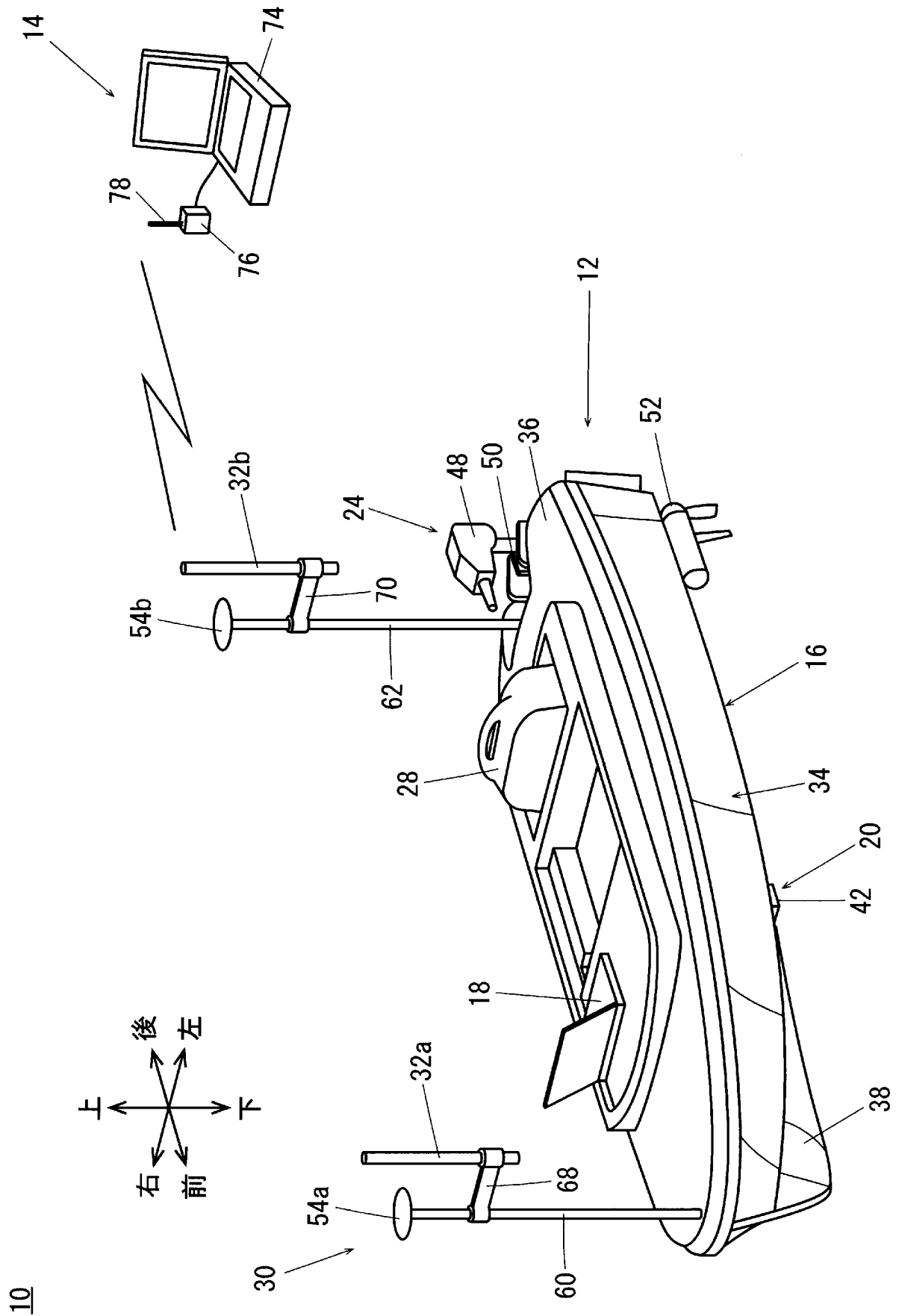
[請求項8] 前記制御部は、前記スワスデータが深さに関する第 1 の閾値より浅いことを示すとき、前記移動体の移動を終了させるかまたは警告を発する、請求項 2 から 7 のいずれかに記載の移動体システム。

[請求項9] 前記制御部は、前記スワスデータが深さに関する第 1 の閾値より浅いことを示すとき、前記設定部による前記次の測線の設定を実行しない、請求項 2 から 8 のいずれかに記載の移動体システム。

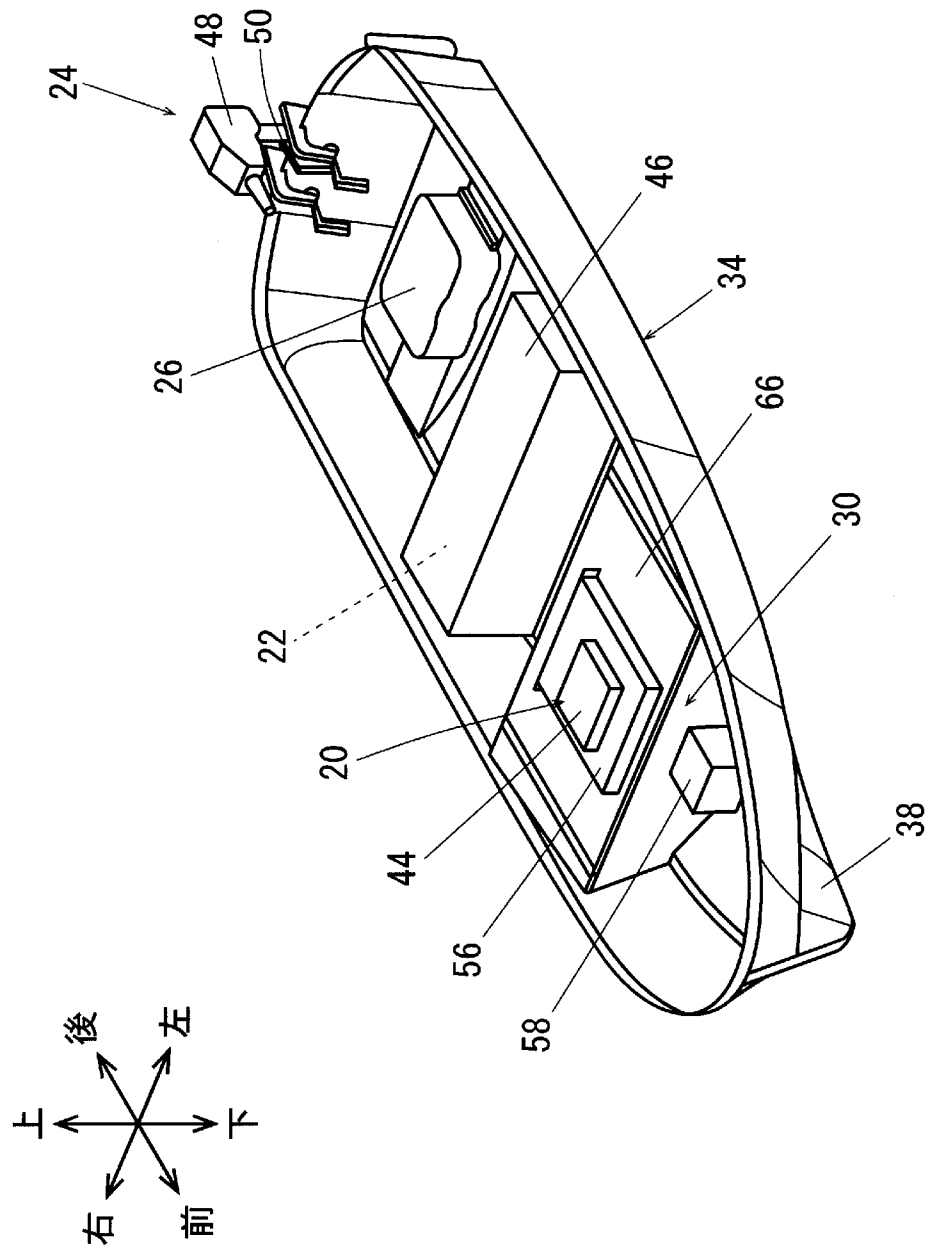
[請求項10] 前記制御部は、前記スワスデータが深さに関する第 2 の閾値より浅いことを示すとき、前記測線に沿った前記移動体の移動を終了させ、前記設定部による前記次の測線の設定を実行する場合には、前記測線において前記移動体の移動が終了するまでに検出された前記スワスデータに基づいて実行する、請求項 2 から 9 のいずれかに記載の移動体システム。

[請求項11] 前記移動体は水上を移動し、前記検出部は水中のスワスデータを検出する、請求項 1 から 10 のいずれかに記載の移動体システム。

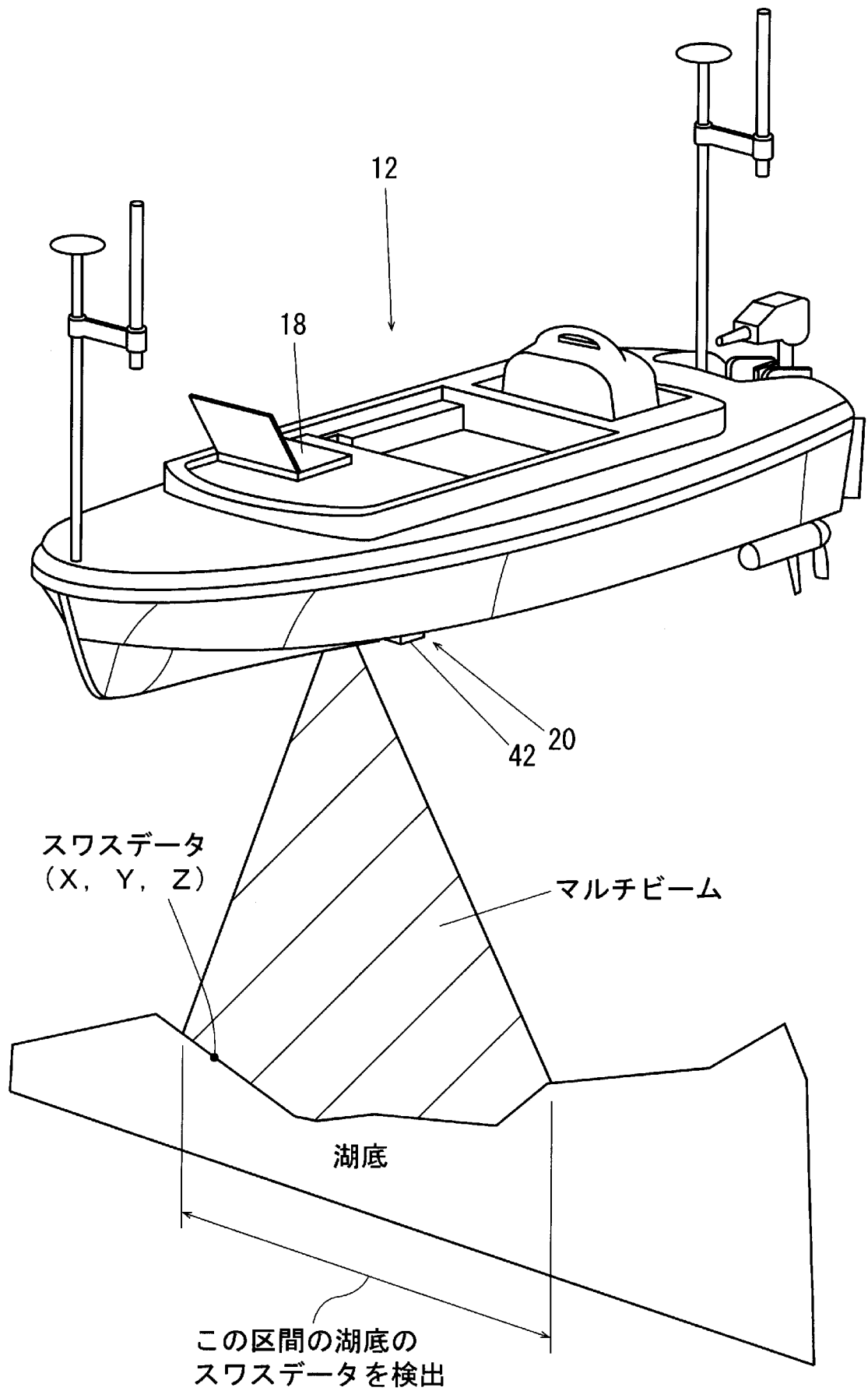
[図1]



[図2]

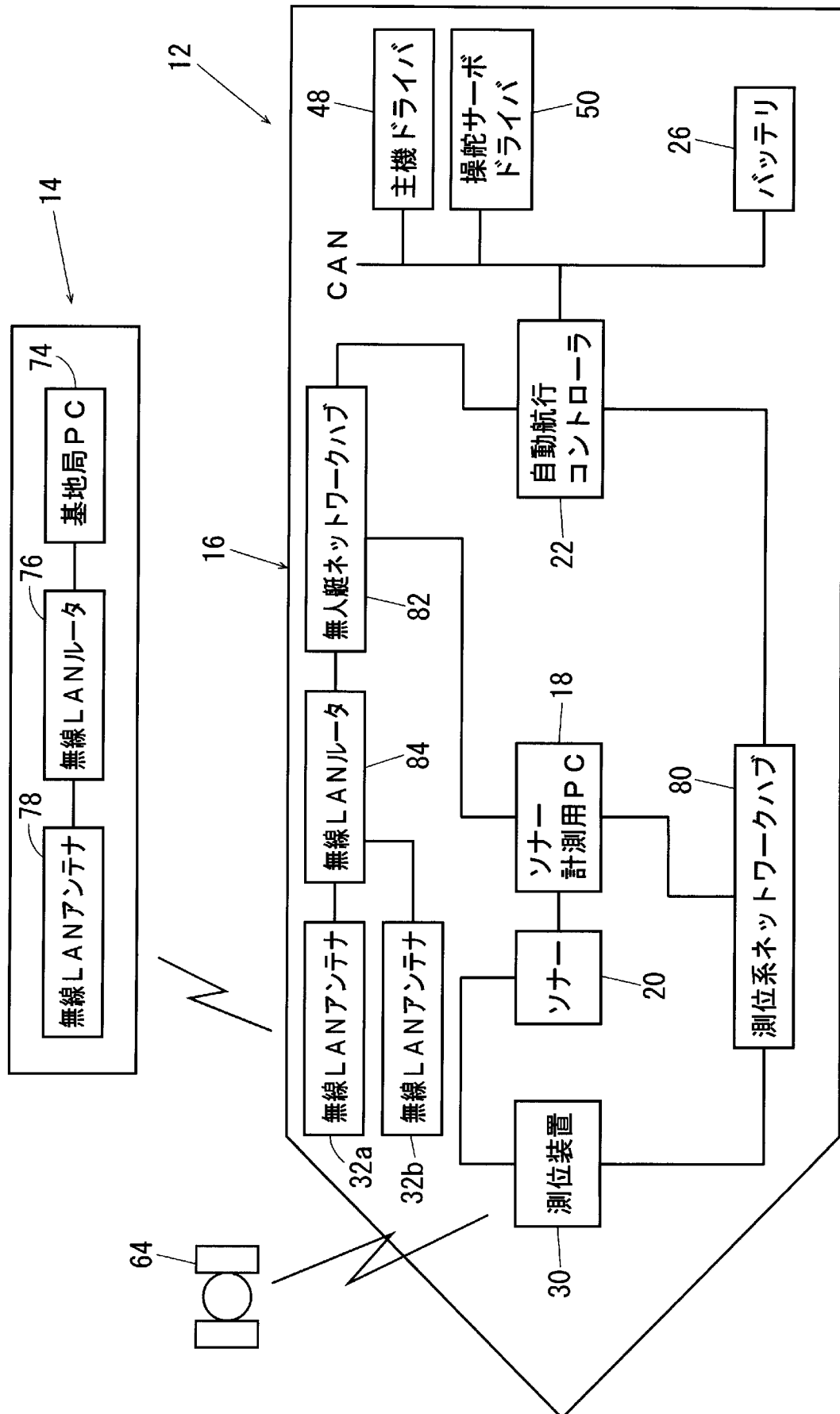


[図4]

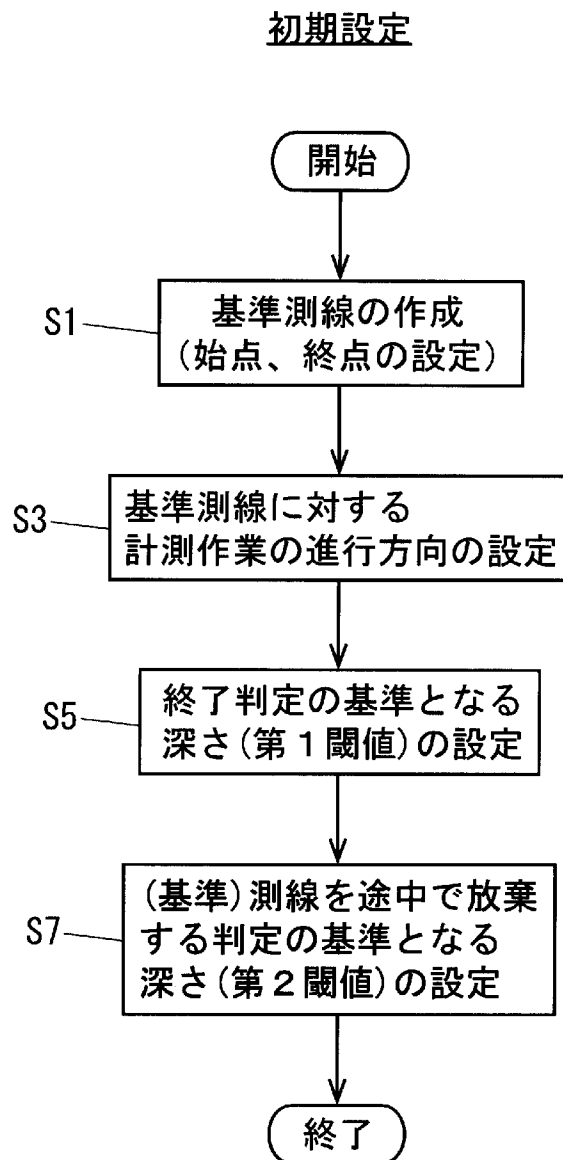


[図5]

10

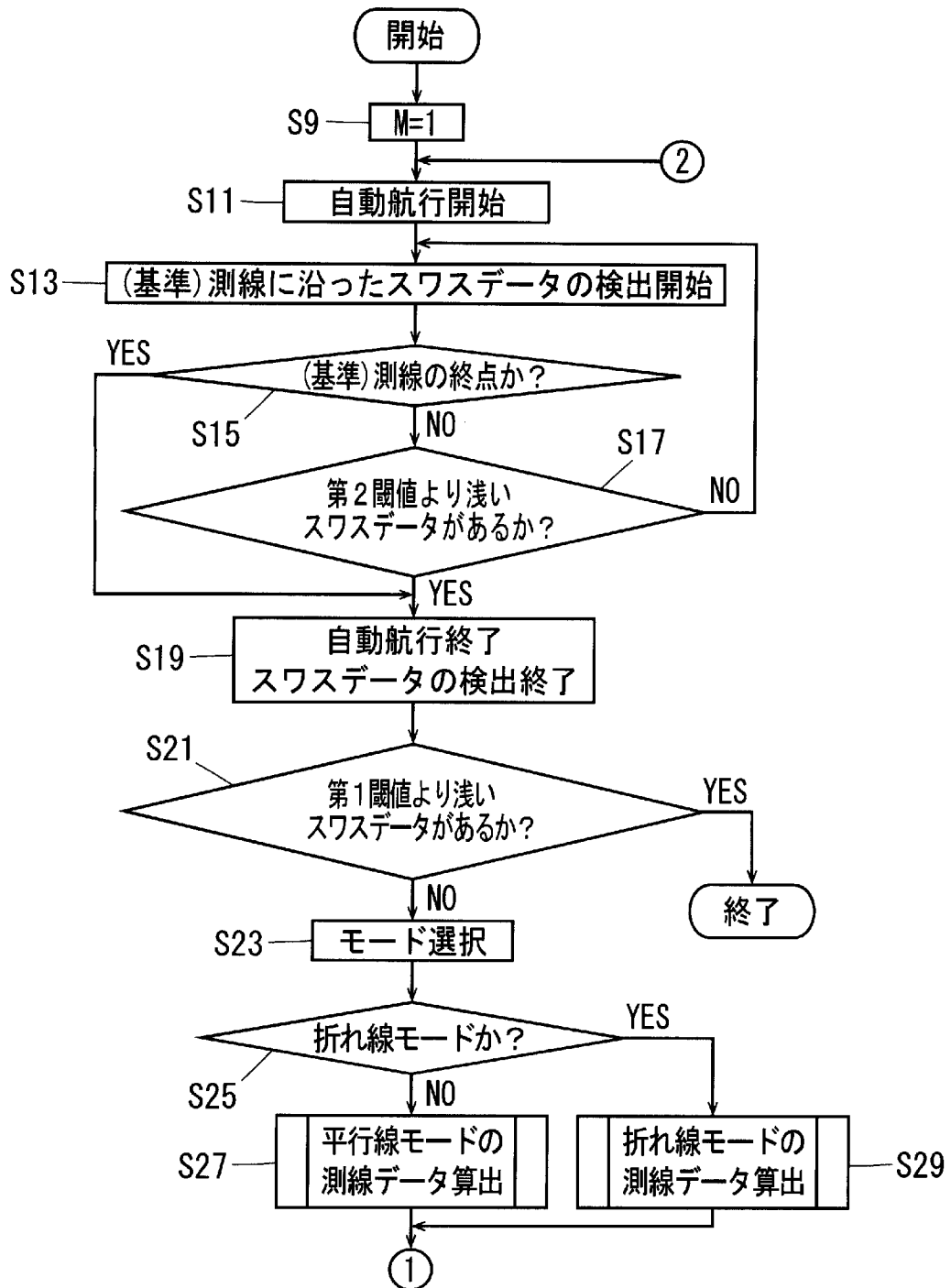


[図6]

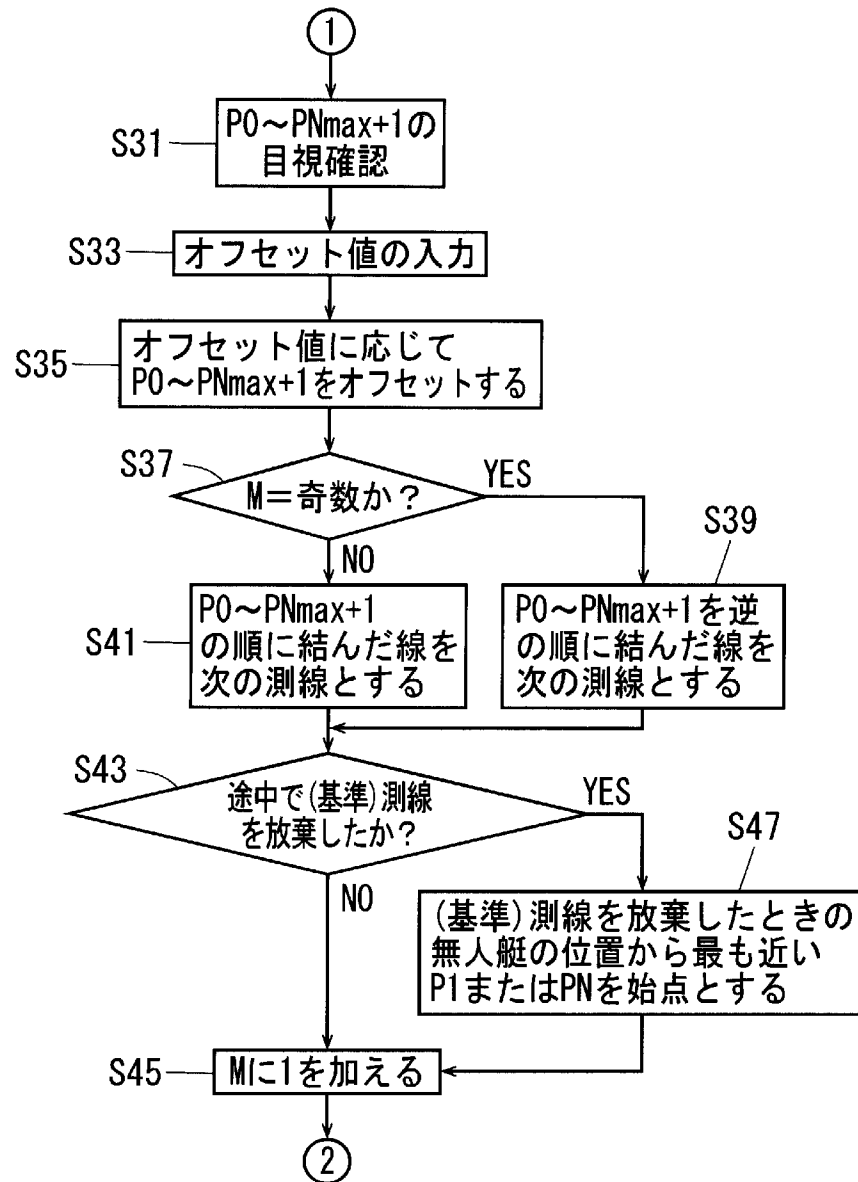


[図7]

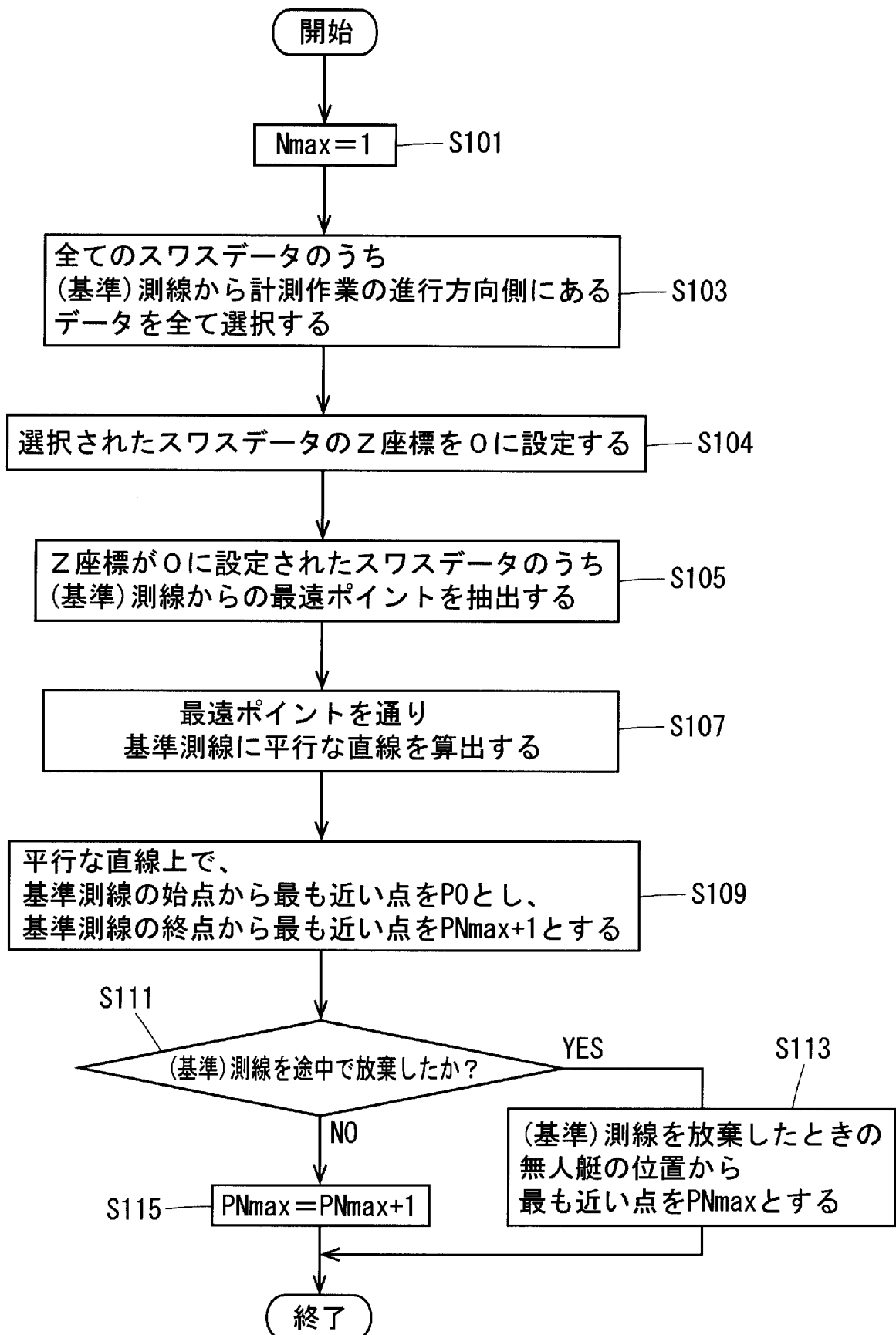
計測のための自動航行



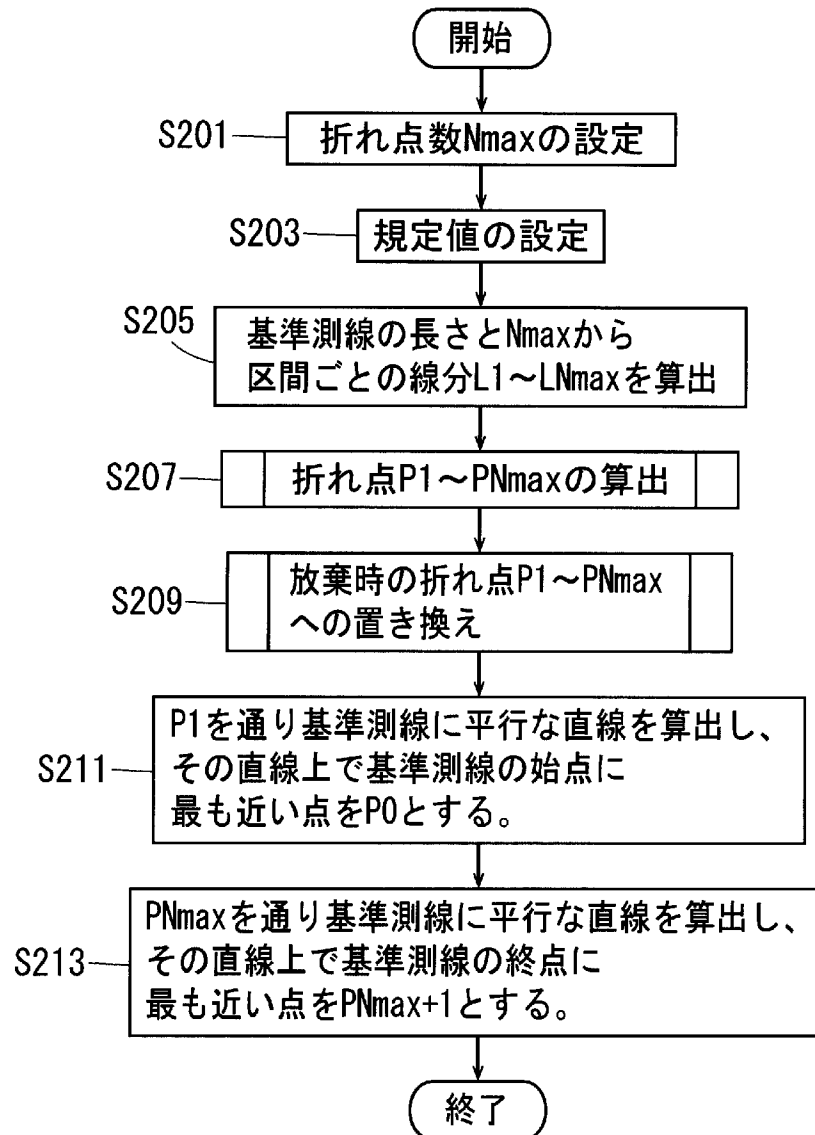
[図8]



[図9]

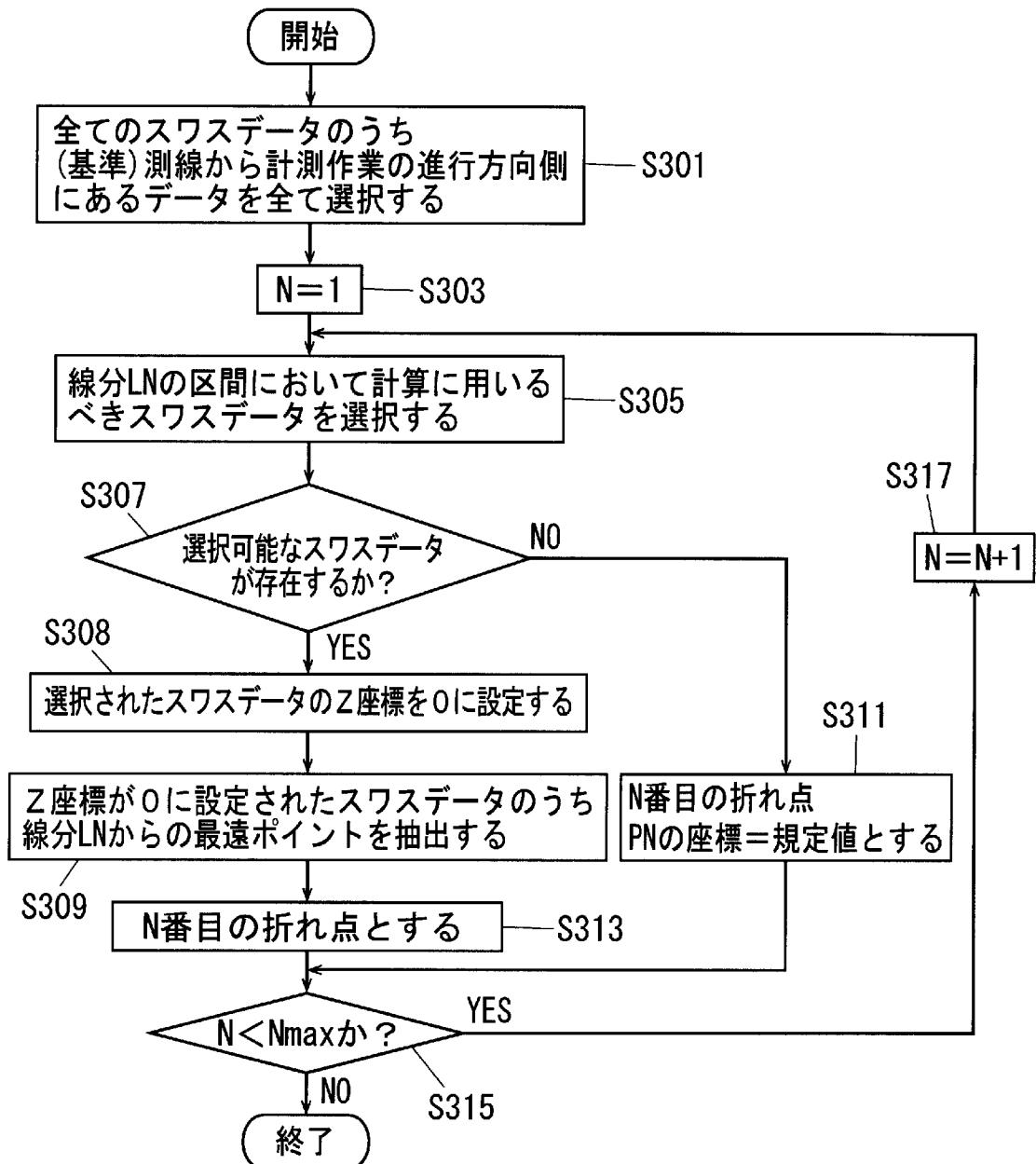
平行線モードの測線データ算出 (S27)

[図10]

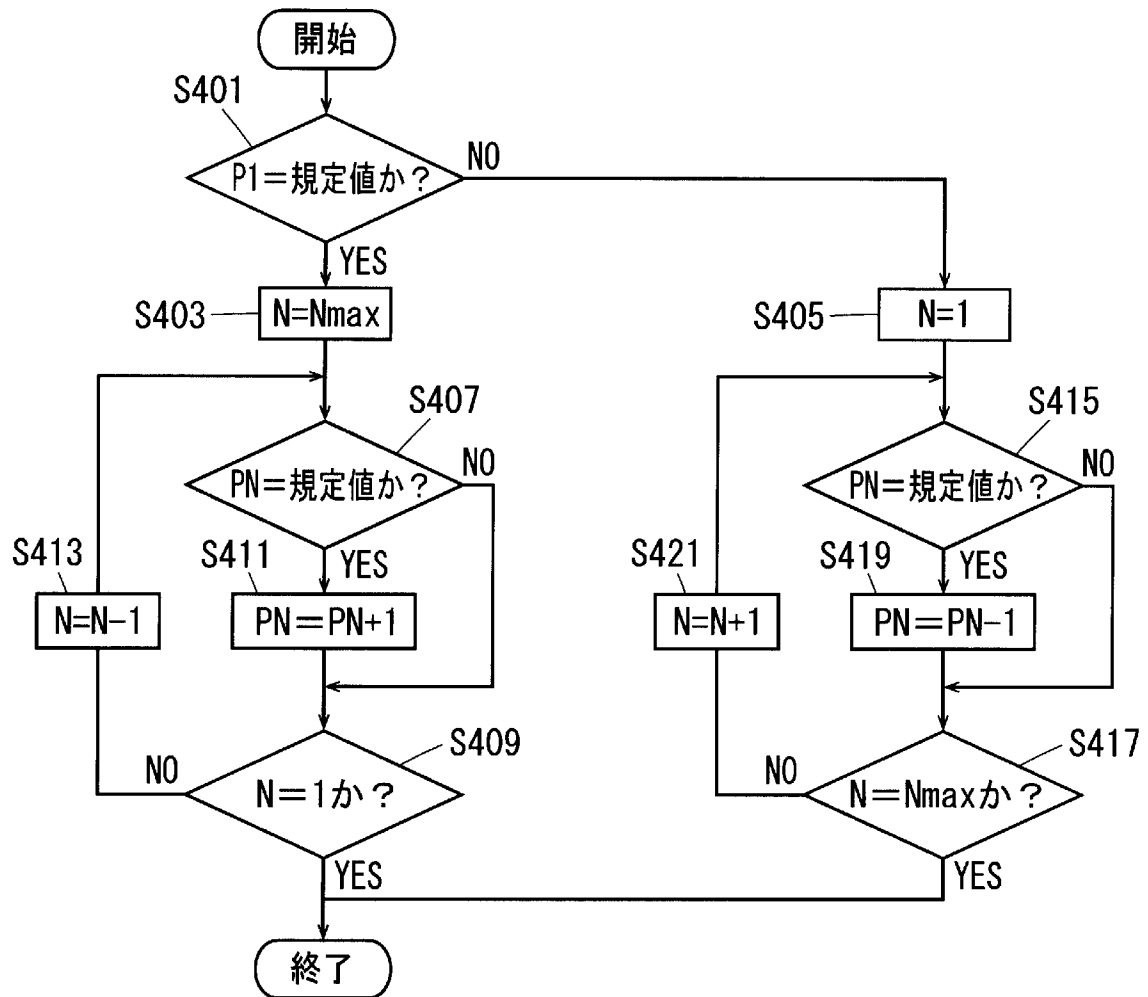
折れ線モードの測線データ算出 (S29)

[図11]

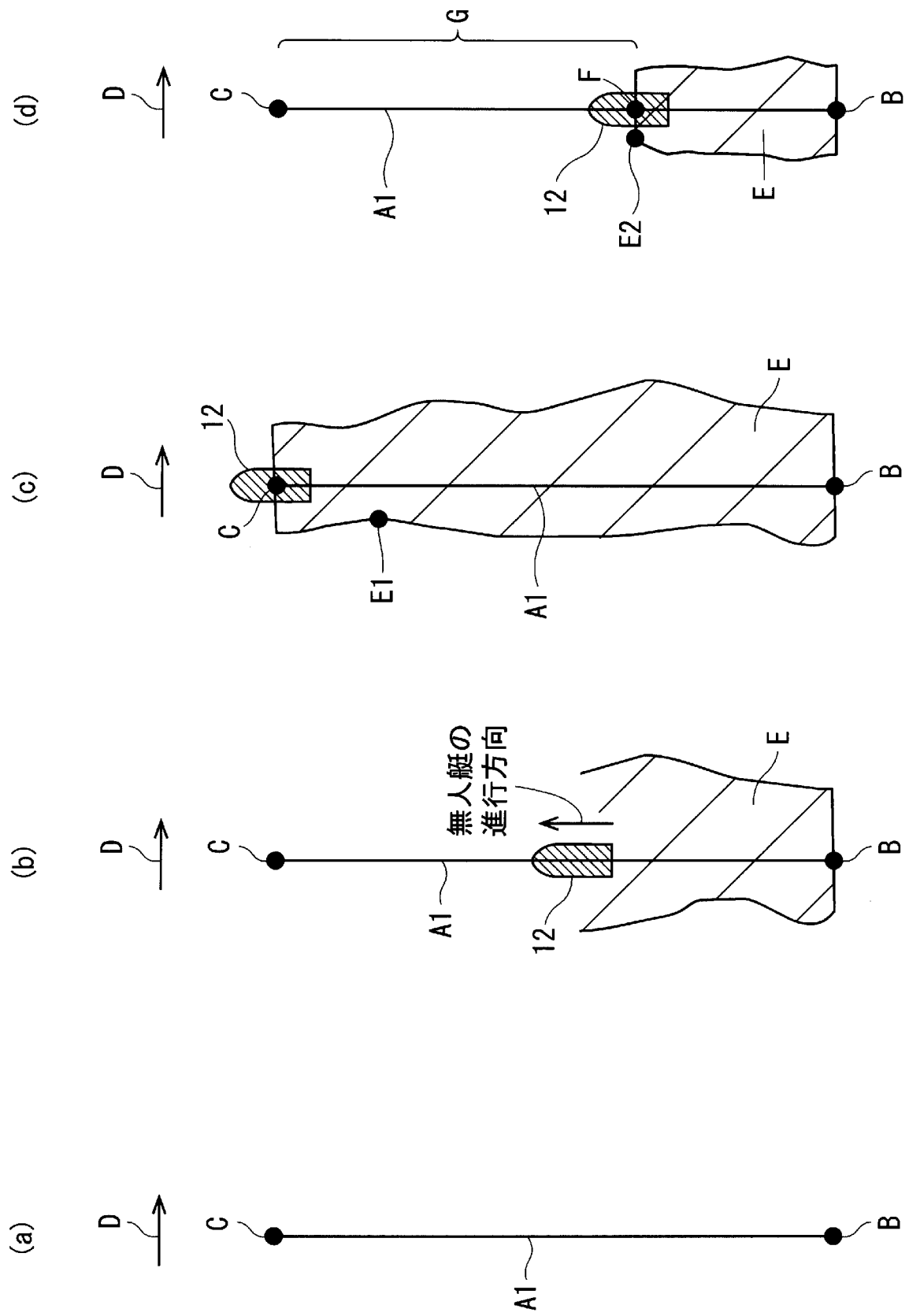
折れ点P1～PNmaxの算出 (S207)



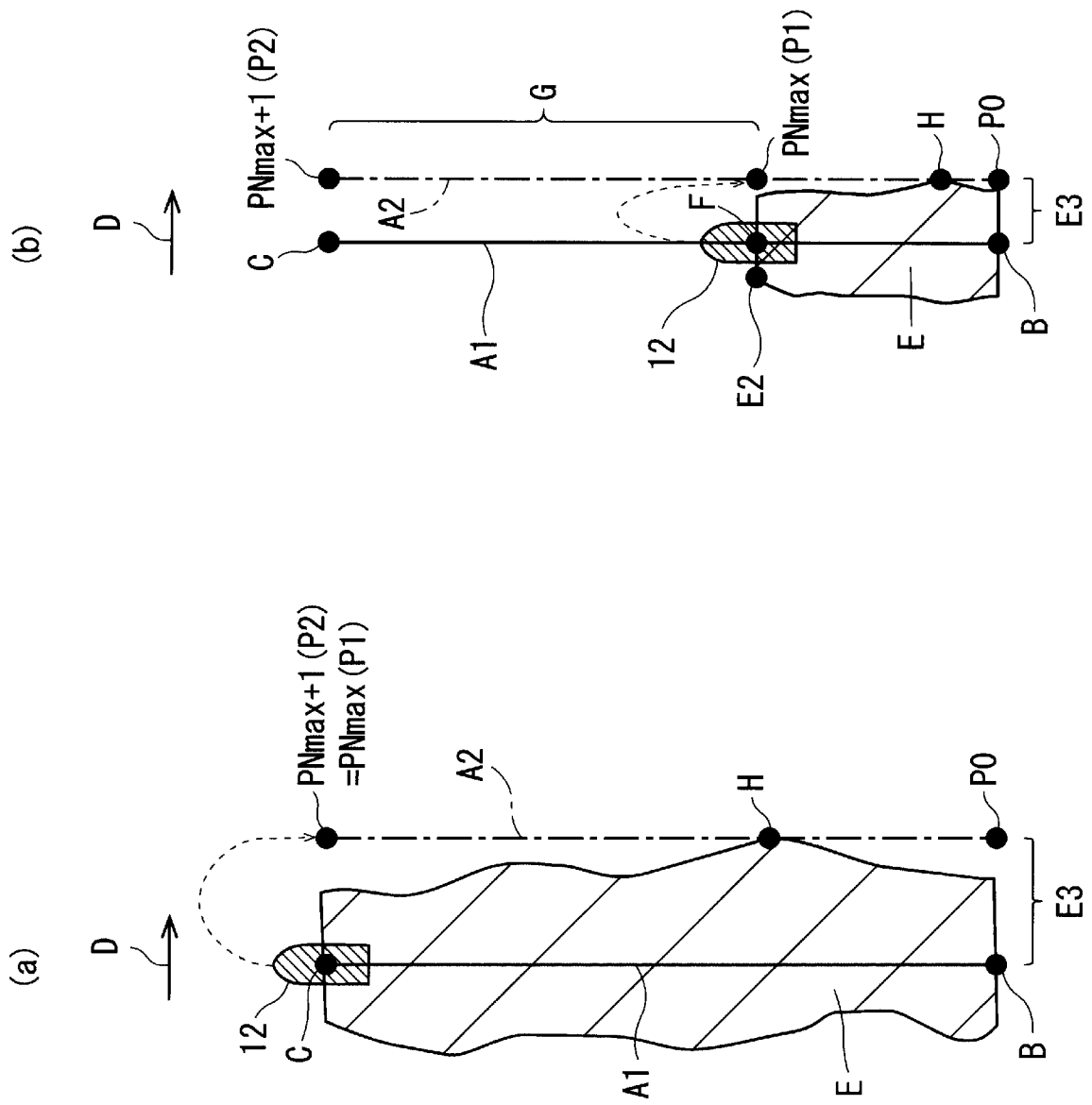
[図12]

放棄時折れ点P1～PNmaxへの置き換え(S209)

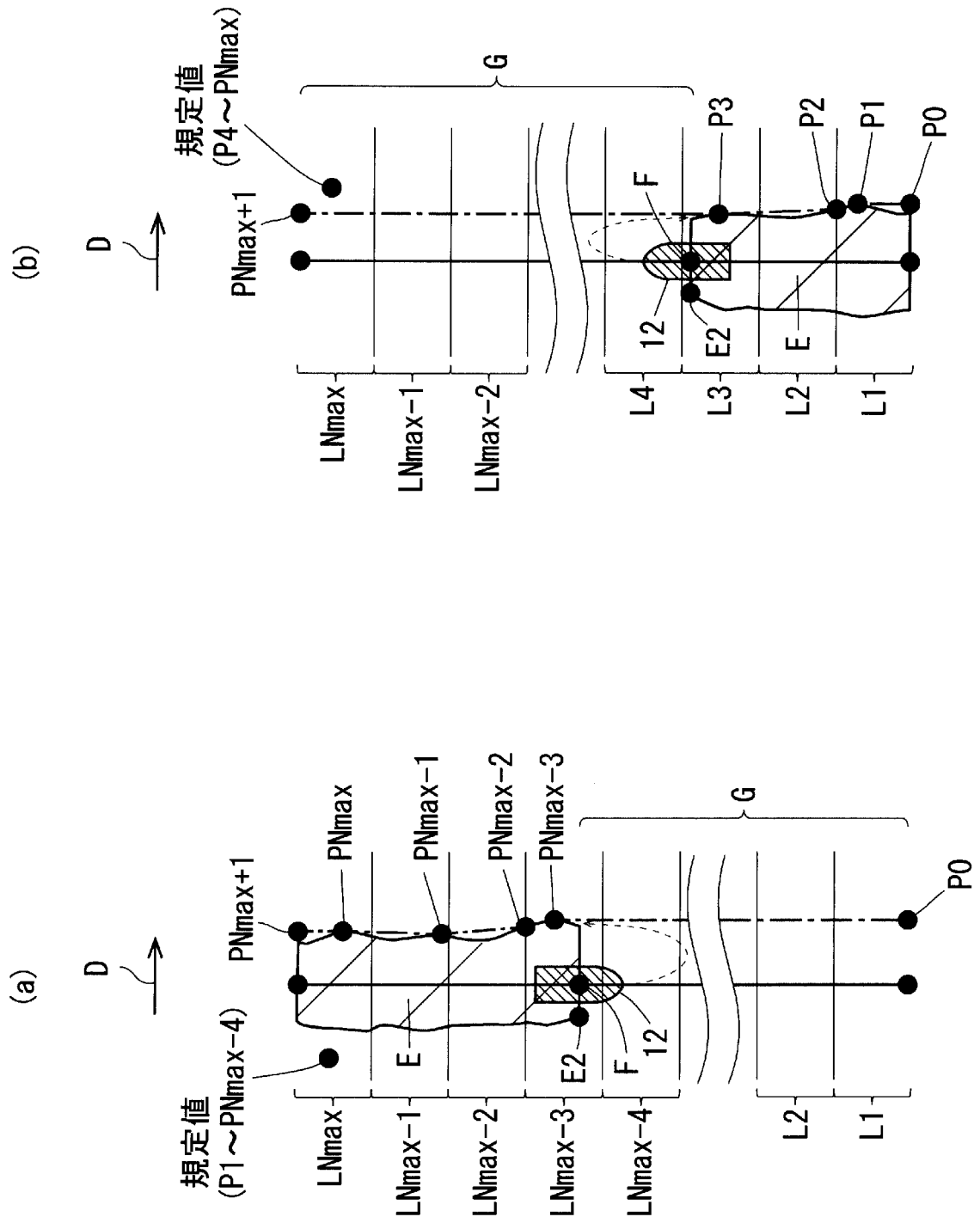
[図13]



[図14]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/036007

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B63B49/00(2006.01)i, B63B35/00(2006.01)i, G01C7/04(2006.01)i,
G01S7/53(2006.01)i, G01S15/89(2006.01)i, G05D1/00(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)

Int.Cl. B63B49/00, B63B35/00, G01C7/04, G01S7/53, G01S15/89, G05D1/00

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	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6338023 B1 (THE UNITED STATES OF AMERICA AS	1-7, 11
Y	REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE ARMY) 08 January	8-9
A	2002, column 2, line 24 to column 3, line 22, column	10
	3, line 52 to column 6, line 38, column 10, line 48	
	to column 15, line 36, fig. 1-11 (Family: none)	
Y	JP 5885707 B2 (YAMAHA MOTOR CO., LTD.) 19 February 2016,	8-9
	paragraphs [0040]-[0048], [0074]-[0078], fig. 1-4, 7	
	& WO 2015/011871 A1	

☒ 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

"I" 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
21 December 2017 (21.12.2017)

Date of mailing of the international search report
09 January 2018 (09.01.2018)

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/JP2017/036007

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2003-329447 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 19 November 2003, paragraphs [0002], [0013]-[0024], fig. 1-3, 7 (Family: none)	8-9
Y	JP 2001-91252 A (FURUNO ELECTRIC CO., LTD.) 06 April 2001, paragraph [0002] & US 2004/0003958 A1, paragraph [0002]	8-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B63B49/00(2006.01)i, B63B35/00(2006.01)i, G01C7/04(2006.01)i, G01S7/53(2006.01)i, G01S15/89(2006.01)i, G05D1/00(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 (IPC))

Int.Cl. B63B49/00, B63B35/00, G01C7/04, G01S7/53, G01S15/89, G05D1/00

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

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	US 6338023 B1 (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE ARMY) 2002.01.08, 第2欄 第24行-第3欄 第22行, 第3欄 第52行-第6欄 第38行, 第10欄 第48行-第15欄 第36行, FIG.1-11 (ファミリーなし)	1-7, 11 8-9 10
Y	JP 5885707 B2 (ヤマハ発動機株式会社) 2016.02.19, 段落 [0040] - [0042], [0074] - [0078], 図1-4, 7 & WO 2015/011871 A1	8-9

☑ 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

21.12.2017

国際調査報告の発送日

09.01.2018

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)

米澤 篤

3D

4132

電話番号 03-3581-1101 内線 3341

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
Y	JP 2003-329447 A (三菱重工業株式会社) 2003.11.19, 段落 [0002] , [0013] - [0024] , 図 1-3, 7 (ファミリーなし)	8-9
Y	JP 2001-91252 A (古野電気株式会社) 2001.04.06, 段落 [0002] & US 2004/0003958 A1, 段落 [0002]	8-9