

(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
2024年2月1日(01.02.2024)



(10) 国際公開番号
WO 2024/024656 A1

(51) 国際特許分類:
G01S 17/58 (2006.01) **G01S 17/86** (2020.01)
G01C 3/06 (2006.01) **G01S 17/89** (2020.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/026725

(22) 国際出願日: 2023年7月21日(21.07.2023)

(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 2022-122136 2022年7月29日(29.07.2022) JP

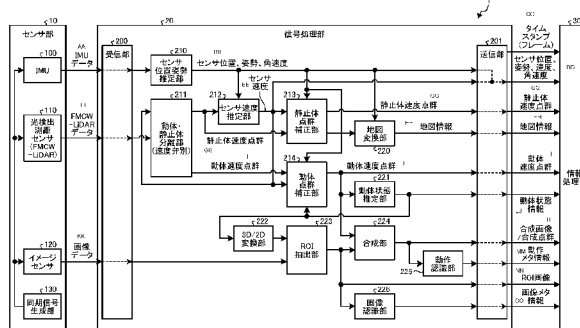
(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 北野和俊 (KITANO, Kazutoshi); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 川村祐介(KAWAMURA, Yuusuke); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP). 高橋恒介(TAKAHASHI, Kousuke); 〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(54) Title: SIGNAL PROCESSING DEVICE, SIGNAL PROCESSING METHOD, AND INFORMATION PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 信号処理装置および信号処理方法、ならびに、情報処理装置



- | | | | |
|-----|--|-----|---|
| 10 | Sensor unit | 225 | Motion recognition unit |
| 20 | Signal processing unit | 226 | Image recognition unit |
| 30 | Information processing unit | AA | IMU data |
| 110 | Optical range sensor (FMCW-LiDAR) | BB | Sensor position, posture, angular velocity |
| 120 | Image sensor | CC | Time stamp (frame) |
| 130 | Sync signal generation unit | DD | Sensor position, posture, speed, angular velocity |
| 200 | Reception unit | EE | FMCW-LiDAR data |
| 201 | Transmission unit | FF | Sensor speed |
| 210 | Sensor position posture estimation unit | GG | Stationary body speed point group |
| 211 | Moving body/stationary body separation unit (by speed valve) | HH | Map information |
| 212 | Sensor speed estimation unit | II | Moving body speed point group |
| 213 | Stationary body point group correction unit | JJ | Body state information |
| 214 | Moving body point group correction unit | KK | Image data |
| 220 | Map conversion unit | LL | Composite image/composite point group |
| 221 | Moving body state estimation unit | MM | Motion meta information |
| 222 | 3D/2D conversion unit | NN | ROI image |
| 223 | ROI extraction unit | OO | Image meta information |
| 224 | Synthesis unit | | |

(57) Abstract: The purpose of the present disclosure is to provide a signal processing device that makes measurement results from a FMCW-Lidar more universally usable. A signal processing device (20) according to this disclosure comprises: a reception unit (200) that receives, from a first sensor (an FMCW-LiDAR optical range sensor 110), speed point group data which includes a plurality of points each having speed information and time information; correction units (213, 214) that correct at least one attribute value which is related to at least one point included in the speed point group data, on

(74) 代理人: 弁理士法人酒井国際特許事務所
(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE);
〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1
号 虎の門三井ビルディング 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, 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, MG, MK, MN, MU, 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, CV, 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, ME, 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))

the basis of an estimation value at a predetermined time; and transmission unit (201) that adds correction time information indicating the predetermined time to the attribute value corrected by the correction units, and transmits the attribute value.

(57) 要約: 本開示は、FMCW-LiDARによる計測結果をより汎用的に利用可能とする信号処理装置を提供することを目的とする。本開示に係る信号処理装置(20)は、第1のセンサ(FMCW-LiDARによる光検出測距センサ110)から、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群データを受信する受信部(200)と、前記速度点群データに含まれる少なくとも1つの点に関する少なくとも1つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部(213, 214)と、前記補正部により補正された前記属性値に対して前記所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信する送信部(201)と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

信号処理装置および信号処理方法、ならびに、情報処理装置

技術分野

[0001] 本開示は、信号処理装置および信号処理方法、ならびに、情報処理装置に関する。

背景技術

[0002] 光を用いて測距を行う方法の一つとして、FMCW-LiDAR (Frequency Modulated Continuous Wave-Laser Imaging Detection and Ranging)と呼ばれる技術が知られている。FMCW-LiDARでは、時間の経過に応じてパルスの周波数を例えば直線的に変化させたチャープ光として射出するレーザ光と、射出されたレーザ光の反射光とを合成した受信信号に対し、コヒーレント検出により測距を行う。FMCW-LiDARでは、ドップラー効果を利用することで、測距と同時に速度を計測することができる。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2020/0292706号明細書
特許文献2：米国特許出願公開第2020/0040082号明細書
特許文献3：国際公開第2019/239566号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] FMCW-LiDARでは、一般的には、順次走査するレーザ光の照射方向ごとに計測結果を取得するため、原理的に、計測結果の取得時刻が各計測点で異なってしまふ。そのため、既存技術では、点群全体あるいはその一部について同一時刻における計測結果を得たい、という要求に応えることができず、計測結果の汎用化が困難であった。

[0005] 本開示は、FMCW-LiDARによる計測結果をより汎用的に利用可能

とする信号処理装置および信号処理方法、ならびに、情報処理装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示に係る信号処理装置は、第1のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群データを受信する受信部と、前記速度点群データに含まれる少なくとも1つの点に関する少なくとも1つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部と、前記補正部により補正された前記属性値に対して前記所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信する送信部と、を備える。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]実施形態に係る信号処理システムの構成例を概略的に示すブロック図である。

[図2]実施形態に係る信号処理システムの一例の構成をより詳細に示すブロック図である。

[図3]実施形態に係る光検出測距センサの一例の構成を示すブロック図である。

[図4]実施形態に係る、送信光信号の走査パターンの一例を概略的に示す模式図である。

[図5A]送信光信号の走査パターンの別の例を概略的に示す模式図である。

[図5B]送信光信号の走査パターンの別の例を概略的に示す模式図である。

[図6]実施形態に係る速度点群の補正処理を概略的に示す模式図である。

[図7]実施形態に適用可能な信号処理システムの一例のハードウェア構成を示すブロック図である。

[図8]実施形態に適用可能な、M I P I - C S I - 2に規定されるデータフォーマットの例を示す模式図である。

[図9]実施形態に適用可能な、M I P I - C S I - 2に規定されるデータフォーマットの別の例を示す模式図である。

[図10]実施形態に適用可能な、M I P I - C S I - 2に規定されるデータフ

フォーマットで点群を送信する例を示す模式図である。

[図11]実施形態に適用可能な、各部間のデータ送信に係るインタフェースとしてイーサネットを適用した例を示す模式図である。

[図12]実施形態に係る信号処理部のアーキテクチャの例を示す図である。

[図13]実施形態に適用可能な、光検出測距センサにおける送信光信号検出処理を示す一例のフローチャートである。

[図14]実施形態に適用可能な、光送受信部により送信される送信光信号を説明するための模式図である。

[図15]実施形態に係る、受信光信号に対する判定処理を説明するための模式図である。

[図16]実施形態に係る、光検出測距センサがラスタ走査パターンにより走査を行った場合のデータ出力の例を示す模式図である。

[図17]実施形態に適用可能なフレーム定義について説明するための模式図である。

[図18A]実施形態に係る、センサ部による各データの出力タイミングについて説明するための模式図である。

[図18B]実施形態に係る、センサ部による各データの出力タイミングについて説明するための模式図である。

[図19]実施形態に係る、センサ部から出力されるFMCW-LiDARデータおよびIMUデータのデータフォーマットの例を示す模式図である。

[図20]実施形態に係る光検出測距センサによる出力データの例を示す模式図である。

[図21]実施形態に適用可能な、射出ポイントの座標の定義を示す模式図である。

[図22]光検出測距センサから見た各射出ポイントおよび物体を示す模式図である。

[図23]実施形態に係る信号処理部における、点群補正に係る処理の全体的な流れを示す模式図である。

[図24]実施形態に係る信号処理部における、点群補正に係る処理を示す一例のフローチャートである。

[図25]実施形態に係る信号処理部における、静止体の速度点群フレームの補正処理を示す一例のフローチャートである。

[図26]座標系および各変数を定義するための模式図である。

[図27]実施の第1の変形例に係る信号処理システムの一例の構成を示すブロック図である。

[図28]実施の第2の変形例に係る信号処理システムの一例の構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示の実施形態について、図面に基づいて詳細に説明する。なお、以下の実施形態において、同一の部位には同一の符号を付することにより、重複する説明を省略する。

[0009] 以下、本開示の実施形態について、下記の順序に従って説明する。

1. 本開示に係る実施形態の概要
2. 本開示に係る実施形態のより具体的な説明
 - 2-1. 実施形態に係る構成について
 - 2-1-1. センサ部について
 - 2-1-1-1. 光検出測距センサについて
 - 2-1-2. 信号処理部について
 - 2-1-2-1. ライブラリ部について
 - 2-1-2-2. アプリケーション部について
 - 2-2-1. システム構成について
 - 2-2. 実施形態に係る処理について
 - 2-2-1. 実施形態に適用可能な計測技術
 - 2-2-2. 実施形態に係るデータ構造例
 - 2-2-3. 実施形態に係る点群補正処理
3. 本開示に係る実施形態の第1の変形例

4. 本開示に係る実施形態の第2の変形例

5. 本開示に係る他の実施形態

[0010] (1. 本開示に係る実施形態の概要)

先ず、本開示に係る実施形態について、概略的に説明する。

[0011] 図1は、実施形態に係る信号処理システムの構成例を概略的に示すブロック図である。図1において、信号処理システム1は、センサ部10と、信号処理部20と、情報処理部30と、を含む。

[0012] センサ部10は、IMU(Inertial Measurement Unit)100と、光検出測距センサ110と、イメージセンサ120と、を含む。IMU100は、例えば3軸の加速度センサ、3軸の角速度センサおよび3軸の地磁気センサを含み、これらのセンサによる慣性計測データ（以下、適宜、IMUデータと呼ぶ）を出力する。光検出測距センサ110は、光を用いて測距を行うセンサであって、実施形態では、周波数連続変調したレーザ光を用いて測距を行うFMCW-LiDAR(Frequency Modulated Continuous Wave-Laser Imaging Detection and Ranging)を適用する。イメージセンサ120は、所謂カメラであり、被写体を撮像して、例えばR（赤色）、G（緑色）およびB（青色）の情報を含む画像データを出力する。

[0013] 図1において、信号処理部20は、センサ部10のIMU100から出力されたIMUデータと、光検出測距センサ110から出力されたFMCW-LiDARデータと、イメージセンサ120から出力された画像データとが入力される。信号処理部20は、入力されたこれらIMUデータ、FMCW-LiDARデータおよび画像データに基づき信号処理を行う。信号処理部20は、各データに基づく信号処理により、例えば地図情報、静止体および動体それぞれの速度点群、動体の動作を示す動作メタ情報、注目領域における画像に関する画像メタ情報といった各情報を生成する。信号処理部20は、生成した各情報を情報処理部30に出力する。

[0014] 情報処理部30は、信号処理部20から出力された各情報に応じて、所定の処理を行う。情報処理部30が信号処理部20から出力された各情報に応

じて行う処理は、特に限定されない。例えば、情報処理部30は、この信号処理システム1が自律動作するロボット（移動体）に適用される場合、地図情報などに基づきロボットの駆動制御を行うものであってよい。また例えば、情報処理部30は、この信号処理システム1が監視カメラの制御システムに適用される場合、動作メタ情報や画像メタ情報に基づく通知などを行うものであってよい。

[0015] さらに、情報処理部30は、信号処理部20に対して信号処理に関する指示を送ってよい。信号処理部20は、この指示に応じて、センサ部10の出力に対する処理を制御してよい。また、信号処理部20は、この指示に応じて、センサ部10における各センサ（IMU100、光検出測距センサ110およびイメージセンサ120）の動作を制御してよい。なお、情報処理部30は、CPU(Central Processing Unit)、メモリ、ストレージ装置などを含む、一般的なコンピュータとしての構成を適用してよい。

[0016] このように、実施形態に係る信号処理システム1は、FMCW-LiDARによる計測結果に基づき様々なデータを出力することができ、FMCW-LiDARによる計測結果をより汎用的に利用可能とすることができる。

[0017] （2．本開示に係る実施形態のより具体的な説明）

次に、本開示に係る実施形態について、より具体的に説明する。

[0018] （2-1．実施形態に係る構成について）

先ず、実施形態に係る構成について、より具体的に説明する。図2は、実施形態に係る信号処理システム1の一例の構成をより詳細に示すブロック図である。

[0019] （2-1-1．センサ部について）

図2において、センサ部10は、IMU100と、FMCW-LiDARによる光検出測距センサ110と、イメージセンサ120とを含むと共に、同期信号生成部130を含む。

[0020] 同期信号生成部130は、同期信号を生成する。同期信号は、所定周期のパルスであってよい。同期信号生成部130は、生成した同期信号を、IM

U100、光検出測距センサ110およびイメージセンサ120に供給する。IMU100、光検出測距センサ110およびイメージセンサ120は、それぞれ、供給された同期信号に同期して、動作およびデータ出力タイミングが制御される。

[0021] IMU100は、3軸の加速度センサ、3軸の角速度センサおよび3軸の地磁気センサを含む。IMU100は、これら3軸の加速度センサ、3軸の角速度センサおよび3軸の地磁気センサによるセンサデータを、IMUデータとして出力する。IMU100は、IMUデータを、IMUデータを取得した時刻を示すタイムスタンプを付加して出力してよい。

[0022] イメージセンサ120は、所謂カメラであり、被写体を撮像して、例えばR（赤色）、G（緑色）およびB（青色）の情報を含む画像データを出力する。イメージセンサ120は、受光した光に応じた電気信号としての画素信号を出力する画素が行列状の配列で配置された画素アレイと、画素アレイの各画素を駆動する駆動回路とを含む。イメージセンサ120は、画素アレイの各画素からアナログ方式の信号として出力された各画素信号を、それぞれデジタル方式の画素データに変換して出力する。画素アレイの有効領域に含まれる各画素の出力に基づく画素データにより、1フレームの画像データが構成される。

[0023] なお、図示は省略するが、センサ部10は、IMU100、光検出測距センサ110およびイメージセンサ120のデータの入出力を制御するインタフェース部を含む。これに限らず、IMU100、光検出測距センサ110およびイメージセンサ120は、それぞれ別体としての個別のインタフェース部を備えていてもよい。

[0024] (2-1-1-1. 光検出測距センサについて)

光検出測距センサ110は、光を用いて測距を行うセンサであり、実施形態では、FMCW-LiDARを適用する。FMCW-LiDARは、射出するレーザ光として、時間の経過に応じてパルスの周波数を例えば直線的に変化させたチャープ光を用いる。FMCW-LiDARでは、チャープ光と

して射出するレーザ光の一部、若しくは、それと同期した局発光と、射出されたレーザ光の反射光とを合成した受信信号に対し、コヒーレント検出により測距を行う。

[0025] FMCW-LiDARでは、ドップラー効果を利用することで、測距と同時に速度（ドップラー速度）を計測することができる。そのため、FMCW-LiDARを用いることで、人やその他の移動物体などの、速度を持った物体の位置を迅速に把握することが容易となる。また、コヒーレント検出は、他の光源からの干渉を受けにくいため、混信を避けることが可能であり、さらには、太陽光などの高照度の光源によるノイズの影響が少ない。また、FMCW-LiDARは、アクティブ型であるため、暗闇などの低照度環境でも計測を行うことが可能である。

[0026] また、FMCW-LiDARでは、一般的に、レーザ光の射出方向を例えば水平方向に所定角度範囲で走査させ、さらに垂直方向に所定角度範囲で走査させ、スキャンの所定角度ごとにレーザ光を射出させて計測を行う。そのため、FMCW-LiDARによる計測結果は、走査角度ごとの点の情報として取得される。計測された各点の情報は、属性情報（属性値）として、測距結果による距離と、ドップラー速度と、受信した反射光の強度とを含んでよい。当該属性情報は、受信装置の構成によっては、反射光の直交偏光成分ごとの強度を含むことができる。また、3次元若しくは2次元の空間座標を持つ点の集合を点群と呼び、各点が速度情報（ドップラー速度）を含む点群を速度点群と呼ぶ。

[0027] 光検出測距センサ110は、これら距離、ドップラー速度および強度を示す情報を、これらの情報が取得された時刻を示すタイムスタンプと、レーザ光の射出方向を示す情報（水平走査角度、垂直走査角度）と、に関連付けて、FMCW-LiDARデータとして出力する。すなわち、FMCW-LiDARデータは、速度点群を含む。

[0028] 図3は、実施形態に係る光検出測距センサ110の一例の構成を示すブロック図である。図3において、光検出測距センサ110は、光走査部111

と、光送受信部 112 と、受信信号処理部 113 と、光走査制御部 114 と、送信部 115 と、を含む。

[0029] 光送受信部 112 は、後述する光走査部 111 から送信する送信光信号を生成する光送信部と、光送信部により生成される送信光を制御するための送信光制御部と、光走査部 111 からの受信光信号を受信（受光）する光受信部と、を含む。

[0030] 光送受信部 112 において光送信部は、例えば、送信光であるレーザ光を発光するためのレーザダイオードなどの光源と、光源で発光された光を射出するための光学系と、当該光源を駆動するレーザ出力変調装置とを含む。光送信部は、送信光制御部から供給された光送信制御信号に応じて光源を発光させ、時間の経過に応じて所定周波数範囲内で周波数が直線的に変化するチャープ光による送信光信号を射出する。送信光信号は、光走査部 111 に送られると共に、局発光として光受信部に送られる。

[0031] 光送信部において、送信光制御部は、時間の経過に応じて、周波数が所定周波数範囲内で直線的に変化（増加および減少）する信号を生成する。このような、時間の経過に応じて所定周波数範囲内で周波数が直線的に変化する信号を、チャープ信号と呼ぶ。送信光制御部は、このチャープ信号に基づき、光送信部が含むレーザ出力変調装置に入力される変調同期タイミング信号である、光送信制御信号を生成する。送信光制御部は、光送信制御信号を、同期信号生成部 130 から供給された同期信号に同期した信号として生成する。送信光制御部は、生成した光送信制御信号を、光送信部と後述する受信信号処理部 113 とに渡す。

[0032] 光送受信部 112 において光受信部は、例えば、光走査部 111 からの受信光信号を受信（受光）する受光部と、当該受光部を駆動する駆動回路とを含む。受光部は、例えば、集光レンズとフォトダイオードなどの受光素子とを組み合わせた構成を適用することができる。光受信部は、走査部から受信した受信光と、光送信部から送られた局発光とを合成する光合成部をさらに含む。受信光が送信光の対象物からの反射光であれば、受信光は、局発光に

対して対象物との距離に応じて遅延した信号となり、受信光と局発光とを合成した合成信号は、一定周波数の信号（ビート信号）となる。光送受信部 112 は、この信号を受信波形信号として受信信号処理部 113 に渡す。

[0033] 受信信号処理部 113 は、光送受信部 112 から渡された受信信号に対して、同期信号生成部 130 から供給された同期信号に同期して、例えば高速フーリエ変換といった所定の信号処理を行う。受信信号処理部 113 は、この信号処理により、対象物までの距離と、対象物のドップラー速度と、受信光信号の強度と、を取得する。受信信号処理部 113 は、これら取得した距離、速度およびドップラー速度を、同期信号に同期して生成されるタイムスタンプを付加して、送信部 115 に渡す。ここでのタイムスタンプは、光送受信部 112 により送信光信号が送信されたタイミングを示す、計測に係るタイムスタンプであって、計測ごとに生成、付加される。

[0034] 光走査制御部 114 は、光走査部 111 における送信光信号の走査を制御するための走査制御信号を生成する。このとき、光走査制御部 114 は、送信光信号の走査が同期信号生成部 130 から供給された同期信号に同期するように、走査制御信号を生成する。光走査制御部 114 は、予め定められた走査範囲に対する走査を行う走査制御信号を生成してもよいし、後述する制御通信部 230 から送信された走査制御情報に従い、走査制御信号を生成してもよい。

[0035] また、光走査制御部 114 は、光走査部 111 から、送信光信号の走査角を示す角度検出信号を受信する。光走査制御部 114 は、受信した角度検出信号に基づき、走査角を示す情報を送信部 115 に渡す。

[0036] 光走査部 111 は、光送受信部 112 から送られる送信光信号を、光走査制御部 114 から供給される走査制御信号に応じた走査パターンに従った角度で送信すると共に、当該角度から入射される光を受信して受信光信号として出力する。光走査部 111 において、送信光信号の走査機構として、例えば 2 軸ミラースキャン装置を適用することができる。この場合、走査制御信号は、例えば、当該 2 軸ミラースキャン装置の各軸に印加される駆動電圧信

号となる。

[0037] また、光走査部 111 は、送信光信号を送信する水平方向および垂直方向の角度を検出し、検出された角度を示す角度検出信号を出力する。

[0038] 送信部 115 は、受信信号処理部 113 から渡されたタイムスタンプ、距離、ドップラー速度および強度と、光走査制御部 114 から渡された走査角とを、FMCW-LiDAR データとして、信号処理部 20 に送信する。すなわち、FMCW-LiDAR データは、光検出測距センサ 110 における計測点ごとにタイムスタンプを含む。

[0039] 図 4 は、実施形態に係る、送信光信号の走査パターンの一例を概略的に示す模式図である。図 4 は、走査パターンのうち、ラスタ走査パターンの例を示している。光走査部 111 は、所定の角度範囲 45 内において、角度範囲 45 の水平方向の両端で折り返す走査線 40 に従い走査を行う。走査線 40 は、角度範囲 45 の左端と右端との間を走査した 1 本の軌跡に対応する。光走査部 111 は、走査制御信号に応じて、走査線 40 に従い角度範囲 45 の上端と下端との間を走査する。

[0040] 光走査部 111 は、走査制御信号に従い、送信光信号としてのチャープ光の射出ポイント 41 を、例えば一定の時間間隔（ポイントレート）で走査線 40 に沿って順次、離散的に変化させる。角度範囲 45 内の射出ポイント 41 により、FMCW-LiDAR における 1 フレームが構成される。角度範囲 45 の上端から下端までの走査の時間が 1 フレーム時間となる。また、各射出ポイント 41 における送信光信号は、走査線 40 に従い 1 フレーム内において所定の時間間隔で順次に射出される。そのため、各射出ポイント 41 における計測データは、走査の順序に従い射出ポイント 41 ごとに異なる時刻に取得される。

[0041] なお、走査線 40 の角度範囲 45 の左端および右端の折り返し点付近では、2 軸ミラースキャン装置による走査速度が遅くなる。そのため、各射出ポイント 41 は、角度範囲 45 において格子状に並ばないことになる。

[0042] 各射出ポイント 41 のうち、例えば物体 50a、50b が存在する位置に

相当する射出ポイント41aおよび41b（塗り潰して示す）は、射出された送信光信号が物体50aおよび50bで反射され、その反射光が、受信光信号として返される。一方、各射出ポイント41のうち、物体50aおよび50bが存在しない位置に相当する射出ポイント41では、反射光が得られず、受信光信号も得られない。

[0043] なお、光送受信部112は、1つの射出ポイント41に対して、1または複数回、送信光信号を射出してよい。また、光送受信部112は、各射出ポイント41において、周波数が時系列で連続変化するチャープ光による送信光信号を射出すると共に、光走査部111では、走査角度を連続して変化させる。そのため、送信光信号は、例えば走査線40に沿った楕円状の形状で対象物に照射される。

[0044] 送信光信号の走査パターンは、上述のラスタ走査パターンに限られない。図5Aおよび図5Bは、送信光信号の走査パターンの別の例を概略的に示す模式図である。

[0045] 図5Aは、走査パターンのうち、マルチレイヤ型の走査パターンの例を示している。マルチレイヤ型では、複数のビームを360°回転させて、複数のラインの走査を同時に行う。より具体的には、マルチレイヤ型の走査では、送信光信号の射出ポイント41を、複数のビームそれぞれによる走査線42₁、42₂、…、42_Nに沿って、それぞれ一定の時間間隔で順次、離散的に変化させる。マルチレイヤ型の走査では、走査線42₁、42₂、…、42_Nの折り返しが発生しないため、各射出ポイント41を格子状に並べることが容易である。

[0046] 図5Bは、走査パターンのうち、ドット走査型の走査パターンの例を示している。ドット走査型では、ビーム走査軌跡は、各射出ポイント41で固定されるため、連続的ではなく離散的である。各射出ポイント41で、送信光信号を射出し、反射光信号の受信が完了した後、次の射出ポイント41にビームを切り替える。図5Bにおいて、セクション(a)は、図中に矢印47で示されるように、規定のシーケンスに従い、順次、ビーム切り替えが実行

される例を示している。また、セクション（b）は、図中に矢印48で示されるように、例えば信号処理部20からの走査制御設定によって、任意の順番でビーム切替が実行される例を示している。セクション（b）の例において、走査制御設定により、走査領域全体のうち、所定の領域のみを走査してもよく、また、所定の領域は、1フレーム内に複数設定してもよい。さらに、所定の領域は、検出された動体や静止体の位置に基づいて、決定されてもよい。

[0047] （2-1-2. 信号処理部について）

説明は図2に戻り、信号処理部20に含まれる各構成は、個別の機能を提供する部分（ライブラリ部と呼ぶ）と、当該部分により提供される機能を利用して目的の処理を実行する部分（アプリケーション部と呼ぶ）と、に大別することができる。

[0048] 図2において、ライブラリ部は、例えば受信部200と、センサ位置姿勢推定部210と、動体・静止体分離部211と、センサ速度推定部212と、静止体点群補正部213と、動体点群補正部214と、を含む。また、アプリケーション部は、例えば地図変換部220と、動体状態推定部221と、3D/2D変換部222と、ROI (Region of Interest) 抽出部223と、合成部224と、動作認識部225と、画像認識部226と、を含む。

[0049] なお、信号処理部20において、ライブラリ部およびアプリケーション部に含まれる構成は、上述の例に限定されない。例えば、動体状態推定部221、あるいは、動体状態推定部221および3D/2D変換部222をライブラリ部に含めてもよい。また、送信部201は、ライブラリ部およびアプリケーション部の何れかに含めてもよいし、何れにも含まれないものとしてもよい。受信部200についても、アプリケーション部に含めてもよいし、ライブラリ部およびアプリケーション部の何れかに含めてもよいし、何れにも含まれないものとしてもよい。

[0050] （2-1-2-1. ライブラリ部について）

先ず、信号処理部20のライブラリ部について、説明する。

[0051] ライブラリ部において、受信部200は、センサ部10から出力された各データを受信し、受信したデータを信号処理部20の各部に渡す。より具体的には、受信部200は、センサ部10のIMU100から出力されたIMUデータを、センサ位置姿勢推定部210に渡す。受信部200は、また、センサ部10の光検出測距センサ110から出力されたFMCW-LiDARデータを、動体・静止体分離部211に渡す。さらに、受信部200は、センサ部10のイメージセンサ120から出力された画像データを、ROI抽出部223に渡す。

[0052] このように、受信部200は、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群データを受信する受信部として機能する。

[0053] センサ位置姿勢推定部210は、受信部200から渡されたIMUデータに基づき、IMU100の位置、姿勢および角速度を推定する。例えば、センサ位置姿勢推定部210は、IMUデータに含まれる、3軸の加速度センサ、3軸の角速度センサおよび3軸の地磁気センサによる各センサデータを用いて、例えばカルマンフィルタなどのセンサフュージョン処理を行うことで、現在のIMU100の位置、姿勢および角速度を推定する。センサ位置姿勢推定部210は、予め、IMU100の基準座標系に対する光検出測距センサ110の基準座標系の位置関係、各センサの内部パラメータといったキャリブレーションデータを取得しておき、推定時に利用する。センサ位置姿勢推定部210は、推測したセンサ位置、姿勢および角速度のデータを、センサ速度推定部212と、地図変換部220と、送信部201と、に渡す。

[0054] 動体・静止体分離部211は、受信部200からFMCW-LiDARデータが渡されると共に、後述するセンサ速度推定部212により推定された光検出測距センサ110の速度を示すセンサ速度が渡される。動体・静止体分離部211は、渡されたFMCW-LiDARデータに含まれるドップラ速度と、センサ速度とに基づく速度弁別により、FMCW-LiDARデータが示す速度点群を、動体による速度点群と、静止体による速度点群とに

分離する。動体・静止体分離部 211 は、動体速度点群と静止体速度点群とを、1 フレーム分の走査に応じた FMCW-LiDAR データから抽出してよい。

[0055] 例えば、動体・静止体分離部 211 は、FMCW-LiDAR データに含まれる各計測点のドップラー速度からセンサ速度の光軸方向成分を差し引いて速度点群の速度情報からセンサ部 10 の動きによる影響を排除し、静止体の座標系から見た、各計測点の補正ドップラー速度を求める。すなわち、補正ドップラー速度は、FMCW-LiDAR データに含まれるドップラー速度からセンサ部 10 の動きによる影響を排除したものである。動体・静止体分離部 211 は、この補正ドップラー速度の大きさに対して閾値判定を行い、当該大きさが閾値以上の計測点のうち、一定の空間範囲（対象物体の大きさに相当）に局在する計測点による速度点群（局在速度点群と呼ぶ）を、動体速度点群として抽出する。動体・静止体分離部 211 は、1 フレームの FMCW-LiDAR データから複数の動体速度点群を抽出してよい。

[0056] また、動体・静止体分離部 211 は、FMCW-LiDAR データによる計測点について、補正ドップラー速度の大きさに対して閾値判定を行う。動体・静止体分離部 211 は、この閾値判定の結果、補正ドップラー速度の大きさが閾値以下の計測点の集合を、静止体速度点群として抽出する。

[0057] ここで、動体・静止体分離部 211 は、この閾値判定において、閾値 v_{tha} 、閾値 v_{thb} ($< v_{tha}$) の 2 種類の閾値を設けてよい。動体・静止体分離部 211 は、補正ドップラー速度の大きさが閾値 v_{tha} 以上の計測点を動体速度点群、閾値 v_{thb} 以下の計測点を静止体速度点群として抽出してよい。これは、動体速度点群および静止体速度点群の何れにも属さない中間の点群が存在することを意味している。明確に静止している計測点を抽出する目的では、このように、2 種類の閾値を設けることが妥当である。

[0058] なお、1 フレームの FMCW-LiDAR データから求めた速度点群により、点群フレームが構成される。

[0059] 動体・静止体分離部 211 は、抽出した静止体速度点群を、センサ速度推

定部 2 1 2 および静止体点群補正部 2 1 3 に渡す。また、動体・静止体分離部 2 1 1 は、抽出した動体速度点群を、動体点群補正部 2 1 4 に渡す。

[0060] センサ速度推定部 2 1 2 は、動体・静止体分離部 2 1 1 から渡された静止体点群と、センサ位置姿勢推定部 2 1 0 から渡されたセンサ位置、姿勢および角速度と、に基づき、センサ部 1 0 の速度を示すセンサ速度を推定する。センサ速度推定部 2 1 2 によるセンサ速度の推定処理の具体例については、後述する。

[0061] センサ速度推定部 2 1 2 は、推定したセンサ速度を、静止体点群補正部 2 1 3 および動体・静止体分離部 2 1 1 に渡すと共に、動体・静止体分離部 2 1 1 に入力する。また、センサ速度推定部 2 1 2 は、推定したセンサ速度を、送信部 2 0 1 に渡す。

[0062] 静止体点群補正部 2 1 3 は、センサ位置姿勢推定部 2 1 0 から渡されたセンサ位置、姿勢および角速度と、センサ速度推定部 2 1 2 から渡されたセンサ速度とを用いて、静止体速度点群の補正を行う。動体点群補正部 2 1 4 は、センサ位置姿勢推定部 2 1 0 から渡されたセンサ位置、姿勢および角速度と、センサ速度推定部 2 1 2 から渡されたセンサ速度と、後述する動体状態推定部 2 2 1 から渡された動体の状態を示す情報とを用いて、動体速度点群の補正を行う。

[0063] 上述したように、FMCW-LiDARにおいては、フレーム内の各計測点における計測データの取得時刻が、走査パターンの種別に依存して、計測点のフレーム内の位置に応じて異なる。静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 は、フレーム内の速度点群の各点が同一の所定時刻に取得された場合の各点のデータを推測し、推測結果に応じて速度点群を補正する。

[0064] 図 6 は、実施形態に係る速度点群の補正処理を概略的に示す模式図である。図 6 において、セクション (a) は、光検出測距センサ 1 1 0 から出力される FMCW-LiDAR データの出力タイミングの例を示している。この図に示すように、FMCW-LiDAR データは、フレーム開始時刻 t_{fst1} か

ら、次のフレーム開始時刻 t_{fst2} まで、一定の時間間隔で出力される。FMCW-LiDARデータに基づく速度点群の各点は、各データの出力タイミングに応じた時間情報を持っている。

[0065] なお、図において、物体50a、50b（図4参照）などが存在する位置に相当する射出ポイント41に対応するデータを、実線（斜線付き）にて示している。また、物体50a、50bなどが存在しない位置に相当する射出ポイント41に対応するデータを点線にて示している。点線にて示されるデータは、実際には、受信光信号からは、物体としては何も検出されないことを示している。

[0066] 図6において、セクション（b）は、光検出測距センサ110から出力されたFMCW-LiDARデータを、静止体点群補正部213および動体点群補正部214により補正した状態を概略的に示している。静止体点群補正部213および動体点群補正部214は、例えば、センサ位置、姿勢および角速度と、センサ速度とに基づき、フレーム開始時刻 t_{fst1} からフレーム開始時刻 t_{fst2} までの各FMCW-LiDARデータの補正の基準となる時刻、例えばフレーム開始時刻 t_{fst2} における値を推測する。静止体点群補正部213および動体点群補正部214は、それぞれ、この推測結果に基づき静止体速度点群および動体速度点群を補正する。

[0067] より具体的には、静止体点群補正部213および動体点群補正部214は、静止体速度点群および動体速度点群に含まれる各点の時間情報を、基準時刻に補正する。これにより、フレーム時間内の自己運動や動体運動に起因する点群の歪みが解消され、実施形態では、FMCW-LiDARによる計測結果をより汎用的に利用可能とすることができる。

[0068] 静止体点群補正部213および動体点群補正部214は、それぞれ補正された静止体速度点群および動体速度点群を出力する。このとき、静止体点群補正部213および動体点群補正部214は、補正された静止体速度点群および動体速度点群に対して、補正の基準となる時刻（図6の例ではフレーム開始時刻 t_{fst2} ）を示すタイムスタンプを付加して出力する。ここでのタイム

スタンプは、フレームごとの値となる。

[0069] このように、静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 は、速度点群データに含まれる少なくとも 1 つの点に関する少なくとも 1 つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部として機能する。

[0070] 静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 は、補正したタイムスタンプを付加した静止体速度点群および動体速度点群を、それぞれ送信部 2 0 1 に渡される。

[0071] 静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 による、センサ位置、姿勢および角速度と、センサ速度とに基づく補正処理の具体例については、後述する。

[0072] 実施形態では、この補正処理により、1 フレーム内の静止体速度点群および動体速度点群に含まれる各点を、同一の時刻に取得された点として扱うことができ、後段における静止体速度点群および動体速度点群に対する処理の負荷を軽減することが可能となる。

[0073] また、実施形態では、センサ位置、姿勢および角速度と、センサ速度とに基づき推測した値に基づき速度点群の補正を行っている。そのため、実施形態では、各点が同一時刻の時間情報を持った速度点群を、1 フレーム分の FMCW-LiDAR データにより取得することができる。

[0074] なお、各点が同一時刻の時間情報を持った速度点群を取得する方法は、上述の方法に限定されない。例えば、複数フレームの FMCW-LiDAR データを用いて、複数フレーム間で射出ポイント 4 1 が対応するデータに基づく線形補間により、各点が同一時刻の時間情報を持った速度点群を取得することも可能である。

[0075] (2-1-2-2. アプリケーション部について)

次に、信号処理部 2 0 のアプリケーション部について、説明する。

[0076] 図 2 において、静止体点群補正部 2 1 3 は、補正した静止体速度点群を、送信部 2 0 1 と、地図変換部 2 2 0 とに渡す。

[0077] 地図変換部 2 2 0 は、センサ位置姿勢推定部 2 1 0 から渡されたセンサ位

置、姿勢および角速度と、静止体点群補正部 213 から渡された静止体速度点群とに基づき、地図情報を推測、生成する。地図情報は、センサ部 10 の自己位置と、センサ部 10 の周囲環境の地図とを含む。地図変換部 220 は、地図作成に、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) の技術を適用してよい。地図変換部 220 は、生成した地図情報を送信部 201 に渡す。

[0078] 動体点群補正部 214 は、補正した動体速度点群を、送信部 201 に渡すと共に、動体状態推定部 221 および合成部 224 に渡す。

[0079] 動体状態推定部 221 は、例えば、補正された動体速度点群に基づき、1 フレームに含まれる各動体を分離する。動体状態推定部 221 は、分離された各動体について、対応する動体速度点群に基づき、その動体の位置、姿勢、速度および角度を含む動体の状態を推定する。動体状態推定部 221 は、推定した動体の状態を示す動体状態情報を、送信部 201 に渡すと共に、動体点群補正部 214 および 3D/2D 変換部 222 に渡す。

[0080] 3D/2D 変換部 222 は、3D (Three-Dimensional) 情報である動体速度点群を、イメージセンサ 120 から出力される画像データに対応する 2D (Two-Dimensional) データに変換する。より具体的には、3D/2D 変換部 222 は、動体速度点群の 3D 座標を、イメージセンサ 120 による画像データの座標系による 2D 座標に変換する。3D/2D 変換部 222 は、予め、イメージセンサ 120 の基準座標系に対する光検出測距センサ 110 の基準座標系の位置関係、各センサの内部パラメータといったキャリブレーションデータを取得しておき、変換時に利用する。これにより、動体速度点群に示される各動体の、画像データにおける位置を知ることができる。3D/2D 変換部 222 は、動体速度点群の座標が 2D 座標に変換された点群を ROI 抽出部 223 に渡す。

[0081] ROI 抽出部 223 は、3D/2D 変換部 222 から渡された 2D 座標による点群に基づき、イメージセンサ 120 から受信部 200 を介して渡された画像データから、注目領域 (ROI) を抽出する。より具体的には、ROI

抽出部 223 は、例えば、画像データにおいて、3D/2D変換部 222 から渡された2D座標による点群に対応する領域を、注目領域として抽出してよい。なお、ROI抽出部 223 は、光検出測距センサ 110 とイメージセンサ 120 との位置関係が既知であれば、画像データと2D座標による点群との対応関係を、瞬時的に計算することが可能である。

[0082] ROI抽出部 223 は、抽出した注目領域の画像データを、送信部 201 に渡すと共に、合成部 224 および画像認識部 226 に渡す。

[0083] 合成部 224 は、動体点群補正部 214 から渡された動体速度点群と、ROI抽出部 223 から渡された注目領域の画像データとを合成する。合成部 224 は、例えば、注目領域の画像データに対して動体速度点群を合成してよい。この場合、合成部 224 は、注目領域の画像データにおける各画素データに対して、動体速度点群に含まれる各点の速度情報を対応付けてよい。この、注目領域の画像データの各画素に対して速度情報を合成した画像を、合成画像と呼ぶ。

[0084] これに限らず、合成部 224 は、動体速度点群に対して注目領域の画像データを合成してよい。この場合、合成部 224 は、動体速度点群の各点に対して、注目領域において対応する画素データの情報を対応付けてよい。この、動体速度点群の各点に対して注目領域の各画素データを合成した点群を、合成点群と呼ぶ。

[0085] 合成部 224 は、合成画像または合成点群を、送信部 201 に渡すと共に、動作認識部 225 に渡す。

[0086] 動作認識部 225 は、合成部 224 から渡された合成画像または合成点群に基づき、動体の動作を認識する。動作認識部 225 は、合成画像または合成点群に含まれる、各点の速度情報に基づき速度の分布情報を取得することができる。動作認識部 225 は、この速度の分布情報を用いることで、動体の動きをより精密に推定することが可能である。例えば、動作認識部 225 は、既知の速度の分布情報に基づき機械学習により学習済みの学習モデルを用いて、動作認識を行ってよい。動作認識部 225 は、動体の動作を認識し

て、動作に関するメタ情報（歩いている、走っている、など）を出力する。
動作認識部 225 から出力された動作メタ情報は、送信部 201 に渡される。
。

[0087] 画像認識部 226 は、ROI 抽出部 223 から渡された注目領域の画像データに基づき画像認識を行い、画像メタ情報（人である、〇〇氏である、車両である、…など）を出力する。例えば、画像認識部 226 は、既知の画像による画像データに基づき機械学習により学習済みの学習モデルを用いて、画像認識を行ってよい。画像認識部 226 から出力された画像メタ情報は、送信部 201 に渡される。

[0088] 送信部 201 は、センサ位置姿勢推定部 210 から渡されたセンサ位置、姿勢および角速度と、センサ速度推定部 212 から渡されたセンサ速度とを、情報処理部 30 に送信する。また、送信部 201 は、地図変換部 220 から渡された地図情報と、静止体点群補正部 213 から渡された、補正された静止体速度点群とを、情報処理部 30 に送信する。さらに、送信部 201 は、動体点群補正部 214 から渡された動体速度点群と、動体状態推定部 221 から渡された動体状態情報とを、情報処理部 30 に送信する。さらにまた、送信部 201 は、合成部 224 から渡された合成画像または合成点群と、ROI 抽出部 223 から渡された ROI 画像と、動作認識部 225 から渡された動作メタ情報と、画像認識部 226 から渡された画像メタ情報とを、情報処理部 30 に送信する。

[0089] 送信部 201 は、上述した各情報、点群に対して、タイムスタンプを付加して情報処理部 30 に送信する。ここで、送信部 201 が各情報、点群に付加するタイムスタンプは、光検出測距センサ 110 の走査の 1 フレームを単位とする時刻情報であってよい。具体的な例として、上述した図 6 を参照し、光検出測距センサ 110 の走査のフレーム開始時刻 t_{fst1} から次のフレーム開始時刻 t_{fst2} の期間に取得された各情報、点群に対して、速度点群の補正の基準となるフレーム開始時刻 t_{fst2} を示す情報を、タイムスタンプとして付加してよい。

[0090] このように、送信部 201 は、補正部により補正された属性値に対して所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信する送信部として機能する。

[0091] 送信部 201 は、上述した各情報、点群のうち、情報処理部 30 からの要求に応じた情報や点群を選択的に情報処理部 30 に送信してよい。また、送信部 201 は、上述した各情報、点群を、情報処理部 30 とは異なる送信先に送信してもよい。

[0092] (2-2-1. システム構成について)

次に、実施形態に適用可能なシステム構成について説明する。

[0093] 図 7 は、実施形態に適用可能な信号処理システム 1 の一例のハードウェア構成を示すブロック図である。

[0094] 図 7 において、センサ部 10 は、センサ群 1000 と、ファームウェア 1010 とを含む。センサ群 1000 は、IMU 100 と、光検出測距センサ 110 と、イメージセンサ 120 とを含む。

[0095] ファームウェア 1010 は、センサ群 1000 の動作を制御するためのプログラムであってよい。ファームウェア 1010 は、例えば、センサ群 1000 に含まれる各センサのデータの入出力を制御するハードウェアとしてのインタフェース（図示しない）や、同期信号生成部 130 の動作を制御してよい。例えば、当該インタフェースは、ファームウェア 1010 が予め記憶されるメモリと、メモリに記憶されたファームウェア 1010 に従い動作するプロセッサと、を含んでよい。

[0096] 信号処理部 20 は、プロセッサ 2000 を含み、プロセッサ 2000 が図示されないメモリに記憶されるプログラムに従い動作することで、上述したライブラリ部 2010 およびアプリケーション部 2020 が構成される。プロセッサ 2000 は、例えば ISP (Image Signal Processor) であってよい。これに限らず、プロセッサ 2000 は、DSP (Digital Signal Processor) や CPU (Central Processing Unit) であってもよい。

[0097] また、この構成に限らず、上述した、ライブラリ部 2010 およびアプリケーション部 2020 に含まれる各部の一部または全部を、互いに協働して

動作するハードウェア回路により構成することも可能である。

[0098] 情報処理部30は、信号処理部20と同様に、例えばISPによるプロセッサ3000を含み、プロセッサ3000が図示されないメモリに記憶されるプログラムに従い動作することで、ライブラリ部3010およびアプリケーション部3020が構成される。ライブラリ部3010は、情報処理部30における個別の機能を提供するプログラムの集合であり、アプリケーション部3020は、ライブラリ部3010により提供される機能を利用して目的の処理を実行するプログラムの集合である。

[0099] 一例として、情報処理部30が自律動作するロボット（移動体）の制御に適用される場合、ライブラリ部3010は、ロボットを駆動するための制御コマンドを出力する機能を含んでよい。また、アプリケーション部3020は、信号処理部20から渡された地図情報、動作メタ情報、画像メタ情報などに基づきロボットの動作を決定する機能を含んでよい。別の例として、情報処理部30が監視カメラの制御システムに適用される場合、ライブラリ部3010は、監視カメラの動作を制御するための制御コマンドを出力する機能を含んでよい。また、アプリケーション部3020は、監視カメラからの画像、信号処理部20から渡された動作メタ情報、画像メタ情報などに基づく判断などを行う機能を含んでよい。

[0100] この構成に限らず、ライブラリ部3010およびアプリケーション部3020に含まれる各部の一部または全部を、互いに協働して動作するハードウェア回路により構成することも可能である。また、情報処理部30は、一般的なコンピュータを適用してもよい。

[0101] 図7の例では、センサ群1000に含まれる各センサの出力（画像データ、FMCW-LiDARデータ、IMUデータ）は、RAWデータとして、ファームウェア1010の制御に従い所定のフォーマットで出力され、図示されないインタフェースにより信号処理部20に送信される。信号処理部20は、センサ部10から送信されたRAWデータを受信部200により受信して、ライブラリ部2021に渡す。

- [0102] ライブラリ部2010は、受信部200から渡されたRAWデータに対して上述したような処理を施してアプリケーション部2020に渡される。アプリケーション部2020は、ライブラリ部2010から渡されたデータに対して上述したような処理を施し、送信部201により、この処理により生成された各情報、点群にフレーム単位のタイムスタンプを付加して出力する。図7の例では、信号処理部20の出力は、SMARTデータとして情報処理部30に送信される。
- [0103] 情報処理部30は、信号処理部20から送信されたSMARTデータを受信して、ライブラリ部3010に渡す。
- [0104] ライブラリ部3010は、渡されたSMARTデータに対して個別の機能に係る処理を施して、アプリケーション部3020に渡す。アプリケーション部3020は、ライブラリ部3010から渡されたデータに対して所定の処理を施し、出力データを生成する。アプリケーション部3020により生成されたデータは、例えば、情報処理部30から出力されてよい。
- [0105] 情報処理部30は、例えばアプリケーション部3020により、信号処理部20に対する要求を生成し、生成した要求を信号処理部20に送信してよい。例えば、アプリケーション部3020は、信号処理部20に対して、信号処理部20が送信部201により送信可能な各情報、点群から必要な情報、点群を指定する要求を生成、送信してよい。
- [0106] 同様に、信号処理部20は、例えばアプリケーション部2020により、センサ部10に対する要求を生成し、生成した要求をセンサ部10に対して送信してよい。例えば、アプリケーション部2020は、光検出測距センサ110に対して、走査範囲を注目領域に限定する要求を生成、送信してよい。
- [0107] 図7の例では、センサ部10から信号処理部20へのデータ送信、信号処理部20から情報処理部30へのデータ送信のインタフェースとして、MIPI (Mobile Industry Processor Interface) (登録商標) が適用されている。より詳細には、当該インタフェースとして、MIPI-CSI (Camera

Serial Interface)－2が適用されている。

[0108] 図8は、実施形態に適用可能な、M I P I－C S I－2に規定されるデータフォーマットの例を示す模式図である。図8は、1フレームの画像データ(image data)を送信する例を示している。ここでは、センサ部10から信号処理部20へのデータ送信の場合について説明する。

[0109] 図8において、図上の左上がデータ送信の開始位置であり、データは、図上で左から右に向けた順で送信され、さらに、図上で上から下に向けた順で送信される。左上の開始位置では、フレームの先頭を示すフィールドF S (Frame Start)が送信される。フレームの最後では、フィールドF E (Frame End)が送信される。

[0110] 左端のデータからデータ送信が開始され、順次、その行のデータ送信が右端に向けて進む。データ送信が右端に達すると、図上で1行下の行において、再び左端のデータから右端に向けて、順次にデータ送信が開始される。図において空白部分は、送信するデータが無いことを示している。

[0111] フィールドP Hは、パケットヘッダ(Packet Header)が送信されるフィールドであり、フィールドP Fは、パケットフッタ(Packet Footer)が送信されるフィールドである。フィールドI m a g e D a t aは、画像データが送信されるフィールドである。フィールドI m a g e D a t aの画像データは、行ごとにフィールドP HとフィールドP Fとに挟まれて、左側から右側に向けて順に送信される。イメージセンサ120から出力される画像データは、このフィールドI m a g e D a t aにより送信してよい。

[0112] フィールドE m b e d d e d D a t aは、画像データ以外のデータを送信するフィールドである。例えばオプションのデータを定義した場合は、当該データは、一般的には、フィールドE m b e d d e d D a t aにより送信される。

[0113] フィールドE m b e d d e d D a t aのデータは、画像データと同様に、フィールドP HとフィールドP Fとに挟まれて、左側から右側に向けて順に送信される。センサ部10のI M U 1 0 0から出力されるI M Uデータは

、このフィールドEmbedded Dataにより送信してよい。フィールドEmbedded Dataにより送信されるデータの種別（IMUデータなど）を示す情報は、フィールドPHにより送信してよい。

[0114] 図8の例では、フィールドEmbedded DataがフィールドImage Dataの後に送信されているが、これはこの例に限定されない。図9は、実施形態に適用可能な、MIP1-C1-2に規定されるデータフォーマットの別の例を示す模式図である。

[0115] 図9において、セクション（a）は、図8と同様に、フィールドEmbedded DataがフィールドImage Dataの後に送信される例である。セクション（b）は、フィールドImage Dataの送信を一旦中断して、フィールドEmbedded DataをフィールドImage Dataの途中に送信する例である。また、セクション（c）は、フィールドEmbedded Dataを、フィールドImage Dataの前後に送信する例である。さらに、フィールドEmbedded Dataを、フィールドImage Dataの前に送信してもよい。

[0116] また、MIP1のフレームで点群を送信してよい。図10は、実施形態に適用可能な、MIP1-C1-2に規定されるデータフォーマットで点群を送信する例を示す模式図である。

[0117] 図10の例では、フィールドPHおよびPFに挟まれてフィールドImage Dataが送信された後に、同様にフィールドPHおよびPFに挟まれてフィールドEmbedded Dataが送信される。フィールドEmbedded Dataでは、例えばIMUデータが送信される。さらに、フィールドEmbedded Dataの後に、フィールドPHおよびPFで挟まれて、点群データがフィールドPoint Cloud Dataにより送信される。フィールドPoint Cloud Dataの後に、フレームの最後を示すフィールドFEが送信される。

[0118] 上述では、フィールドImage Data、フィールドEmbedded Data、フィールドPoint Cloud Dataの順で送信し

ているが、各データの送信順は、この例に限定されない。また、フィールド Image Data やフィールド Point Cloud Data を 1 フレーム内で分割して送信してもよい。

[0119] 上述では、センサ部 10 と信号処理部 20 との間、信号処理部 20 と情報処理部 30 との間のデータ送信に係るインタフェースが M I P I である例について説明したが、これはこの例に限定されない。実施形態では、これらのデータ送信に係るインタフェースとして、他のインタフェースを適用してもよい。例えば、図 11 に例示される信号処理システム 1a のように、センサ部 10 と信号処理部 20 との間は、I²C (Inter-Integrated Circuit)、S P I (Serial Peripheral Interface)、U A R T (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) といった、主に機器の内部的なデータ通信に用いられるシリアルインタフェースや、U S B (Universal Serial Bus)、E t h e r n e t (登録商標) といった通信インタフェースを適用してよい。また、信号処理部 20a と情報処理部 30 との間は、U S B、E t h e r n e t、W i - F i (Wireless Fidelity) (登録商標) といった、主に機器の外部的な通信に用いられるインタフェースを適用してよい。

[0120] 図 12 は、実施形態に係る信号処理部 20 のアーキテクチャの例を示す図である。信号処理部 20 は、ハードウェアである例えば I S P といったプロセッサ 2000 上で O S (Operating System) 2030 が動作し、O S 2030 上で、ライブラリ部 2010 とアプリケーション部 2020 とが動作する構造となっている。

[0121] アプリケーション部 2020 は、A P I (Application Programming Interface) 呼出部 2040 を含み、ライブラリ部 2010 は、A P I 処理部 2041 を含む。A P I 呼出部 2040 は、アプリケーション部 2020 からの要求に従い、ライブラリ部 2010 の当該要求に応じた機能呼び出す。A P I 処理部 2041 は、A P I 呼出部 2040 による機能の呼び出しに応じて、ライブラリ部 2010 における当該機能による応答を A P I 呼出部 2040 に返す。

[0122] 一例として、アプリケーション部 2020 において、動体状態推定部 221 が動体状態情報の出力を要求する場合、API 呼出部 2040 は、ライブラリ部 2010 に対して、動体速度点群を要求する。ライブラリ部 2010 において、API 処理部 2041 は、この要求に応じて、動体点群補正部 214 の機能呼び出して、動体点群補正部 214 から出力された動体速度点群を API 呼出部 2040 に返す。API 呼出部 2040 は、API 処理部 2041 から返された動体速度点群を動体状態推定部 221 に渡す。

[0123] (2-2. 実施形態に係る処理について)

次に、実施形態に係る処理について、より詳細に説明する。

[0124] (2-2-1. 実施形態に適用可能な計測技術)

図 13 は、実施形態に適用可能な、光検出測距センサ 110 における送信光信号検出処理を示す一例のフローチャートである。

[0125] ステップ S10 で、光検出測距センサ 110 は、光送受信部 112 により、同期信号に同期して周波数連続変調したレーザ光による送信光信号を送信（射出）、物体から反射して戻ってきた受信光信号を受信する。

[0126] 図 14 は、実施形態に適用可能な、光送受信部 112 により送信される送信光信号を説明するための模式図である。図 14 の上側の図は、送信光信号の光周波数と時間との関係を示し、下側に、上側の図における信号送信開始時刻 t_{st} を示している。図 14 の上側の図において、縦軸が送信光信号の光周波数、横軸が時間をそれぞれ示している。

[0127] 図 14 において、光送受信部 112 は、例えば信号送信開始時刻 t_{st1} から次の信号送信開始時刻 t_{st2} までを周期として、レーザ光の光周波数をそれぞれ直線的に上昇および下降させ、チャープ光を生成する。光送受信部 112 は、この光周波数の上昇および下降の組によるチャープ光を送信光信号として、光走査部 111 から所定の射出ポイントに向けて射出する。信号送信開始時刻 t_{st2} においても同様に、上述の周期に従い送信光信号の光周波数をそれぞれ直線的に上昇および下降させてチャープ光を生成し、送信光信号として、光走査部 111 から所定の射出ポイントに向けて射出する。ラスト走査パター

ンでは、このように、送信光信号は、連続的に送信される、光周波数の上昇および下降の組によるチャープ光により形成される。

[0128] 説明は図13に戻り、次のステップS11で、光検出測距センサ110は、受信信号処理部113により、受信された受信光信号における第1の受信スペクトル信号から、第1のピーク値と、ピーク値における信号スペクトル周波数（ピーク周波数）を推定する。また、光検出測距センサ110は、受信信号処理部113により、受信された受信光信号における第2の受信スペクトル信号から、第2のピーク値と、ピーク値における信号スペクトル周波数（ピーク周波数）を推定する。

[0129] なお、第1の受信スペクトル信号は、受信光信号のうち、光周波数が増加する期間の送信光信号に対応する信号である。また、第2の受信スペクトル信号は、受信光信号のうち、光周波数が減少する期間の送信光信号に対応する信号である。

[0130] 次のステップS12で、光検出測距センサ110は、受信信号処理部113において、ステップS11で推定した第1のピーク値および第2のピーク値が閾値 t_h 以上であるか否かを判定する。

[0131] 図15は、実施形態に係る、受信光信号に対する判定処理を説明するための模式図である。図15において、セクション（a）は、第1の受信スペクトル信号に対する判定処理を示す図、セクション（b）は、第2の受信スペクトル信号に対する判定処理を示す図である。これらセクション（a）および（b）の図において、縦軸は受信光信号の強度、横軸は受信スペクトル周波数を示している。

[0132] 図15のセクション（a）において、第1の受信スペクトル信号の強度が、信号スペクトル周波数 f_{pk1} で閾値 t_h を超え、第1のピーク値 V_{pk1} が得られている。第1の受信スペクトル信号の強度が第1のピーク値 V_{pk1} を取る信号スペクトル周波数 f_{pk1} を、第1のピーク周波数とする。

[0133] 図15のセクション（b）においても同様に、第2の受信スペクトル信号の強度が、信号スペクトル周波数 f_{pk2} で閾値 t_h を超え、第2のピーク値 V_{pk2}

が得られている。第2の受信スペクトル信号の強度が第2のピーク値 V_{pk2} を取る信号スペクトル周波数 f_{pk2} を、第2のピーク周波数とする。

[0134] 説明は図13に戻り、ステップS12で、受信信号処理部113は、第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} の少なくとも一方が閾値 t_h 未満であると判定した場合（ステップS12、「No」）、処理をステップS15に移行させる。一方、受信信号処理部113は、第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} がそれぞれ閾値 t_h 以上であると判定した場合（ステップS12、「Yes」）、処理をステップS13に移行させる。

[0135] ステップS13で、受信信号処理部113は、第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} と、第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} を取る信号スペクトル周波数 f_{pk1} および f_{pk2} と、に基づき、物体までの距離と、物体に対するドップラー速度と、受信光信号の強度と、を算出する。また、受信信号処理部113は、同期信号に基づき信号送信開始時刻 t_{st1} を算出する。

[0136] この、第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} がそれぞれ閾値 t_h 以上である受信光信号に対応する射出ポイント41を、物体が検出された検出点とする。

[0137] 次のステップS14で、受信信号処理部113は、ステップS13で算出した距離、ドップラー速度および強度を出力する。また、受信信号処理部113は、ステップS13で算出した信号送信開始時刻を、計測ごと（射出ポイントごと）のタイプスタンプとして出力する。

[0138] 送信部115は、受信信号処理部113から出力された距離、ドップラー速度および強度と、タイムスタンプとを受け取る。送信部115は、受け取った距離、ドップラー速度および強度に対してタイムスタンプを付加し、FMCW-LiDARデータとして光検出測距センサ110から出力する。

[0139] 次のステップS15で、光検出測距センサ110は、計測が終了したか否かを判定する。例えば、光検出測距センサ110は、センサ部10に対して外部から入力される制御信号（図示しない）に応じて、計測が終了したか否かを判定してよい。光検出測距センサ110は、計測が終了したと判定した

場合、図14のフローチャートによる一連の処理を終了させる。

[0140] 一方、光検出測距センサ110は、ステップS15で計測が終了していないと判定した場合、処理をステップS10に戻し、次の射出ポイントに対する処理を実行する。

[0141] 図13のフローチャートにおけるステップS12の判定処理について、具体的な例を用いて説明する。

[0142] 図16は、実施形態に係る、光検出測距センサ110がラスタ走査パターンにより走査を行った場合のデータ出力の例を示す模式図である。図16において、セクション(a)は、上述した図4に対応するもので、縦軸が走査の垂直方向角度を示し、横軸が走査の水平方向角度を示している。セクション(b)は、各射出ポイント41に対応して光検出測距センサ110から出力されるFMCW-LiDARデータを、時系列で並べた例を示している。また、図において塗り潰して示される射出ポイント41aおよび41bは、例えば物体50a、50b(図4参照)が存在する位置に対応する射出ポイントであって、物体50a、50bで反射された反射光が受信光信号として返される。

[0143] 光検出測距センサ110は、光走査部111により、所定の角度範囲45内において、角度範囲45の水平方向の両端で折り返す走査線40に従い、角度範囲45の上端と下端との間を走査する。この角度範囲45内における各射出ポイント41、41aおよび41bにより、点群フレームが構成される。

[0144] 図16のセクション(b)に示すように、各射出ポイント41の出力データは、送信光信号の射出タイミングに応じて、例えば所定の時間間隔で出力される。この場合において、物体50a、50bが存在する位置に対応する射出ポイント41a、41b以外の射出ポイント41(図において点線の丸印にて示す)では、光検出測距センサ110において、送信光信号に対応する受信光信号が受信されないか、若しくは、受信された受信光信号がノイズであると見做すことができる。

[0145] 図15を参照し、例えば射出ポイント41a、41bでは、受信光信号の強度が閾値 t_h 以上となる第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} が得られる。したがって、図13のフローチャートにおけるステップS12の判定に従い（ステップS12、「Yes」）、処理がステップS13に移行される。

[0146] 一方、図16において点線の丸印で示す射出ポイント41では、強度の第1のピーク値 V_{pk1} および第2のピーク値 V_{pk2} の少なくとも一方が明確に得られないか、若しくは、閾値 t_h 未満の値となる。したがって、図13のフローチャートにおけるステップS12の判定に従い（ステップS12、「No」）、処理がステップS15に移行される。

[0147] このように、点群フレームに含まれる射出ポイントのうち、物体50a、50bが存在する位置に対応する射出ポイント41a、41bにおいて図13のフローチャートにおけるステップS13、ステップS14の処理が実行される。一方、点群フレームに含まれる射出ポイントのうち、当該射出ポイント41a、41b以外の、図において点線の丸印で示す射出ポイント41では、ステップS13、ステップS14の処理がキャンセルされ、次の射出ポイントに対する処理が実行される。

[0148] （2-2-2. 実施形態に係るデータ構造例）

次に、実施形態に係るデータ構造例について説明する。以下では、特に、センサ部10から信号処理部20に送信される各データのデータ構造例について説明する。

[0149] 図17は、実施形態に適用可能なフレーム定義について説明するための模式図である。図17において、セクション(a)は、イメージセンサ120から出力される画像データによるフレームの例を示している。図17のセクション(b)および(c)は、それぞれ光検出測距センサ110から出力されるFMCW-LiDARデータによるフレームの例を示している。ここで、セクション(b)は、ラスタ走査によるラスタ走査パターンの例を示し、セクション(c)は、ドット走査によるドット走査パターンの例を示してい

る。

- [0150] ラスタ走査は、例えば、機械式ミラースキャナにより実現される。また、ドット走査は、例えば、OPA (Optical Phase Array) や光ビーム切替素子のような、ビームステアリングデバイスにより実現される。
- [0151] 図17のセクション(a)に示す画像データでは、それぞれR(赤)、G(緑)およびB(青)の各色の情報を含む画素61の集合によりフレーム60aが構成される。フレーム60aのサイズは、幅方向および高さ方向の画素61の数で表される。各画素61は、画素アレイの有効画素領域に含まれる各画素に対応して、行列状の配列で配置される。
- [0152] 図17のセクション(b)に示すラスタ走査パターンによるFMCW-LiDARデータでは、所定の角度範囲45内の射出ポイント41によりフレーム(点群フレーム)60bが構成される。ラスタ走査パターンでは、上述したように、角度範囲45の水平方向の両端で折り返す走査線40に従い走査を行う。走査線40上の各射出ポイント41の位置は、光走査部111による送信光信号の、水平および垂直方向の走査角(水平角度 θ_{hi} 、垂直角度 θ_{vi})により表される。
- [0153] なお、ラスタ走査パターンでは、上述したように、光周波数の上昇および下降の組によるチャープ光が連続的に送信されることで、送信光信号が形成される。図17のセクション(b)に示す各射出ポイント41は、例えば、チャープ光において光周波数が上昇を開始する信号送信開始時刻 t_{st1} 、 t_{st2} 、…、における走査角(水平角度 θ_{hi} 、垂直角度 θ_{vi})に対応させてよい。
- [0154] 図17のセクション(c)に示すドット走査パターンによるFMCW-LiDARデータでは、所定の走査範囲46内の各射出ポイント43によりフレーム(点群フレーム)60cが構成される。ドット走査パターンでは、射出ポイント43ごとにチャープ光が完結する。すなわち、射出ポイント43ごとに送信光信号が送信される。そのため、各射出ポイント43の位置は、走査範囲46内におけるx-y座標により表してよい。
- [0155] 図18Aおよび図18Bは、実施形態に係る、センサ部10による各デー

タの出力タイミングについて説明するための模式図である。なお、ここでは、イメージセンサ120は、全画素を同時に露光するグローバルシャッタ方式で露光が行われるものとする。

[0156] 図18Aは、実施形態に係る、センサ部10の各センサによる計測タイミングの例を示している。センサ部10において、IMU100、光検出測距センサ110およびイメージセンサ120は、それぞれ、同期信号生成部130から供給される同期信号Syncに同期して計測動作を行い、データを出力する。なお、同期信号Syncは、画像データの1フレーム周期に対応する周期で、同期信号生成部130から出力されるものとする。

[0157] イメージセンサ120は、同期信号Syncに同期して露光開始時刻 $t_{\text{exst}1}$ で露光が開始され、露光期間 t_{ex} の間、露光される。画像データの1フレーム周期後の露光開始時刻 $t_{\text{exst}2}$ で、次の1フレームの露光が開始される。画像データのフレーム周期は、10ms（ミリ秒）乃至100ms程度とされる。例えば露光開始時刻 $t_{\text{exst}1}$ から開始された露光による1フレームの画像データは、露光期間 t_{ex} が終了してから次の露光開始時刻 $t_{\text{exst}2}$ までの間に出力される。

[0158] 光検出測距センサ110は、同期信号Syncに応じて、例えば露光開始時刻 $t_{\text{exst}1}$ 、 $t_{\text{exst}2}$ 、…、と同期したフレーム開始時刻 $t_{\text{fst}1}$ 、 $t_{\text{fst}2}$ 、…、に、それぞれ1フレームの走査が開始される。図18Bは、イメージセンサ120における露光開始時刻 t_{exst} と、光検出測距センサ110におけるフレーム開始時刻 t_{fst} との関係を模式的に示している。図18Bに示されるように、光検出測距センサ110による、フレーム60bの先頭の射出ポイント41_{st}における送信光信号の射出タイミングと、イメージセンサ120による、フレーム60aにおける各画素61の露光開始時刻 t_{exst} とが同期される。

[0159] 光検出測距センサ110において、各射出ポイント41における送信光信号の射出間隔は、例えば1μs（マイクロ秒）乃至数100μs程度とされる。FMCW-LiDARデータは、この各射出ポイント41の射出タイミングに応じて出力される。

[0160] ここで、図において点線で示される射出ポイント41は、例えば物体などに送信光信号が反射されず、受信光信号が受信されなかった、或いは、受信光信号の強度が閾値 t_h 未満の射出ポイントを示している。また、図において実線で示され斜線を付された射出ポイント41は、例えば物体などに送信光信号が反射され閾値 t_h 以上の強度の受信光信号が受信された射出ポイントを示している。したがって、FMCW-LiDARデータは、実際には、図において実線で示され斜線を付された射出ポイント41に対応するタイミングでのみ、出力される。

[0161] IMU100は、同期信号Syncに応じて、画像データおよびFMCW-LiDARデータのフレームの先頭に同期してIMUデータを出力する。IMU100は、同期信号Syncから次の同期信号Syncまでの期間は、例えば同期信号Syncを通倍した信号に従い、IMUデータを出力してよい。IMU100におけるIMUデータの出力間隔は、例えば1ms乃至1000ms程度とされる。

[0162] 図19は、実施形態に係る、センサ部10から出力されるFMCW-LiDARデータおよびIMUデータのデータ構造の例を示す模式図である。図19において、セクション(a)は、FMCW-LiDARデータのデータ構造の例を示し、セクション(b)は、IMUデータのデータ構造の例を示している。セクション(a)および(b)共に、図上で縦方向に時間を表している。

[0163] 図19のセクション(a)において、FMCW-LiDARデータは、例えばフレーム先頭にヘッダが送信され、ヘッダに続けて各射出ポイントに対応するデータが順次に送信される。なお、図において、各射出ポイントは、点#1、点#2、…、点#Nとして示されている。以下、適宜、各射出ポイントを点#1、点#2、…、点#Nのように記述する。また、点#1、点#2、…、点#Nを特に区別する必要の無い場合は、点#iで代表させ、図における添字による各数字も、iで代表させて説明を行う（セクション(b)も同様）。

- [0164] ヘッダは、少なくともスキャン種別情報を含む。スキャン種別情報は、例えばラスタ走査、マルチレイヤ型走査、ドット走査といった、走査の方式を示す情報であってよい。
- [0165] 点 # i のデータは、走査に関する情報としてタイムスタンプ T_{s_i} と、走査角（水平角度 θ_{h_i} 、垂直角度 θ_{v_i} ）と、を含み、受信光信号に基づき得られた計測データとして距離 d_i と、ドップラー速度 w_i と、強度 L_{p_i} と、を含む。タイムスタンプ T_{s_i} は、点 # i における送信光信号を送信した時刻を示す。
- [0166] また、各点 # i は、上述した受信光信号の強度が、第 1 および第 2 の受信スペクトル信号において、閾値 t_h 以上の値となった点であってよい。実施形態では、各点 # i のデータにタイムスタンプ T_{s_i} が付加されているため、1 フレームの FMCW-LiDAR データに含まれる各点 i のデータがどの射出ポイントに対応する受信光信号に基づくデータであるかを、容易に知ることが可能である。
- [0167] また、各点 # i のデータに対する信号処理部 20 における処理（例えば静止体点群補正部 213 および動体点群補正部 214 による補正処理）が、走査方式により異なる場合がある。実施形態では、フレームの先頭に送信されるヘッダに、走査方式を示すスキャン種別情報が含まれる。そのため、信号処理部 20 は、この FMCW-LiDAR データに対して、走査方式に応じた処理を施すことが可能である。
- [0168] 図 19 のセクション (b) において、IMU データは、IMU100 における計測タイミングごとに、タイムスタンプ T_{s-IMU_i} 、3 軸加速度 a_i 、3 軸角速度 ω_i および 3 軸地磁気 g_{e_i} が順次に送信される。IMU データは、タイムスタンプ T_{s-IMU_i} が付加されるフレームの最初のデータが、例えばセクション (a) に示す FMCW-LiDAR データにおける最初の点 # 1 のデータと同期される。
- [0169] ここで、IMU100 は、一定の時間間隔で計測を行う。そのため、例えばフレームの最初のデータを FMCW-LiDAR データの点 # 1 のデータと同期させることで、各データの計測タイミングを推定することができ、各

タイムスタンプ T_{s-iMU_i} を省略することができる。

[0170] (2-2-3. 実施形態に係る点群補正処理)

次に、実施形態に係る点群補正処理について説明する。実施形態に係る点群補正処理は、図2に示した静止体点群補正部213および動体点群補正部214において実行される。

[0171] 図20は、実施形態に係る光検出測距センサ110による出力データの例を示す模式図である。光検出測距センサ110は、検出点としての点 i の検出時刻 t_i と、点 i の位置ベクトル r_i と、点 i のドップラー速度 w_i と、を出力する。なお、以下において、点 i は、受信光信号における第1および第2の受信スペクトル信号の強度がそれぞれ閾値 t_h 以上である射出ポイントを指す。

[0172] 図21は、実施形態に適用可能な、射出ポイントの座標の定義を示す模式図である。図21において、走査に係る角度範囲45の中央を原点として、図上で垂直方向に垂直角度 θ_v 、水平方向に水平角度 θ_h が定義される。角度範囲45の左上隅の射出ポイント41をポイント#1として、左から右方向に向けてポイント#1、#2、…、とし、角度範囲45の右下隅の射出ポイント41をポイント#Nとする。また、各射出ポイント41のうち、計測の対象となる物体52に対応する位置の射出ポイント41を、点 i とする。

[0173] 図22は、光検出測距センサ110から見た各射出ポイント41および物体52を示す模式図である。

[0174] なお、図22、後述する図23および図26、ならびに、後述する各数式にて用いられる記号等は、下記の各表現に置き換えて記載することがある。

- ・図および数式において太字で表現されるベクトルは、「ベクトル $\underline{x}$ 」のように、直前に「 $\underline{\hspace{0.5em}}$ 」（アンダースコア）を付して示す。

- ・図および数式においてベクトルを示すために直上に「 $\rightarrow$ 」（矢印）が付された文字は、「ベクトル $\rightarrow x$ 」のように、その文字の直前に「 $\rightarrow$ 」矢印を付して示す。

- ・図および数式において文字に付された上付き文字「 s 」は、その文字の示

す値がセンサ座標系の値であることを示す。

・図および数式において文字に付された上付き文字「 m 」は、その文字の示す値が動体剛体座標系の値であることを示す。

[0175] ・図および数式において時間微分を示すために直上に「 $\cdot$ 」（点）が付された文字は、「 $\cdot x$ 」のように、その文字の直前に「 $\cdot$ 」を付して示す。

・図および数式において角速度チルダ行列を示すために直上に「 $\sim$ 」（チルダ）が付された文字は、「 $\sim x$ 」のように、その文字の直前に「 $\sim$ 」を付して示す。

[0176] 図22において、光検出測距センサ110の位置を位置 O^s とし、位置 O^s を原点として、座標軸 x^s 、 y^s および z^s により、センサ座標系が定義される。また、各射出ポイント41は、便宜上、光検出測距センサ110から等距離の点であるものとして示している。

[0177] 図22において、物体52に対応する点 i において、ベクトル $\rightarrow v_i$ は、物体52の運動を示し、ベクトル $\rightarrow w_i$ は、センサの位置 O^s に対する物体52のドップラー速度を示している。また、位置 O^s から点 i に向けたベクトル $\rightarrow r_i$ は、光検出測距センサ110から物体52における点 i までの距離を示している。最終的に取得したい情報は、ベクトル $\rightarrow v_i$ である。

[0178] 図23は、実施形態に係る信号処理部20における、点群補正に係る処理の全体的な流れを示す模式図である。

[0179] 図23において、センサ位置姿勢推定処理400、静止体動体弁別処理401およびセンサ速度推定処理402は、それぞれ、図2のセンサ位置姿勢推定部210、動体・静止体分離部211およびセンサ速度推定部212による処理となる。また、点群補正処理403および404は、それぞれ、図2の静止体点群補正部213および動体点群補正部214の処理となる。さらに、動体検出処理405は、図2の動体状態推定部221の処理となる。なお、図2における地図変換部220の処理は、図23においては、SLAM処理410として示されている。

[0180] IMU100は、IMUデータとして、加速度 a_s 、角速度 ω_s および地磁

気 μ_s を出力する。センサ位置姿勢推定処理400は、IMU100から出力された、加速度 a_s 、角速度 ω_s および地磁気 μ_s と、SLAM処理410により得られたセンサ位置 $p_{s,j}$ 、センサ姿勢 $R_{s,j}$ 、センサ角速度 $\omega_{s,j}$ およびセンサ速度 $v_{s,j}$ と、に基づき、センサ位置 p_s 、センサ姿勢 R_s およびセンサ角速度 ω_s を推定する。センサ位置姿勢推定処理400は、推定したセンサ位置 p_s をSLAM処理410に渡す。また、センサ位置姿勢推定処理400は、推定したセンサ姿勢 R_s およびセンサ角速度 ω_s をセンサ速度推定処理402に渡す。

[0181] 光検出測距センサ110は、FMCW-LiDARデータとして、点 i ごとに、検出時刻 t_i と、検出時刻 t_i における位置としての距離 $r^s_i(t_i)$ と、ドップラー速度 $w_i(t_i)$ と、を出力する。光検出測距センサ110から出力された各データは、静止体動体弁別処理401に渡される。

[0182] 静止体動体弁別処理401は、光検出測距センサ110から渡された各データと、センサ速度推定処理402で推定されたセンサ速度 v_s と、に基づき、検出時刻 t_i における静止体の、位置としての距離 $\{r^s_i(t_i)\}_{i=\text{static}}$ と、ドップラー速度 $\{w_i(t_i)\}_{i=\text{static}}$ と、静止体の検出時刻 $\{t_i\}_{i=\text{static}}$ と、を算出する。

[0183] なお、中括弧「 $\{$ 」および「 $\}$ 」は、挟まれた部分が集合であることを示す。

[0184] 静止体動体弁別処理401は、算出した距離 $\{r^s_i(t_i)\}_{i=\text{static}}$ およびドップラー速度 $\{w_i(t_i)\}_{i=\text{static}}$ をセンサ速度推定処理402に渡す。また、静止体動体弁別処理401は、算出した距離 $\{r^s_i(t_i)\}_{i=\text{static}}$ および静止体の検出時刻 $\{t_i\}_{i=\text{static}}$ を、静止体点群の補正を行う点群補正処理403に渡す。

[0185] さらに、静止体動体弁別処理401は、光検出測距センサ110から渡された各データと、センサ速度推定処理402で推定されたセンサ速度 v_s と、に基づき、検出時刻 t_i における動体の、位置としての距離 $\{r^s_i(t_i)\}_{i=\text{dynamic}}$ と、ドップラー速度 $\{w_i(t_i)\}_{i=\text{dynamic}}$ と、静止体の検出時刻 $\{t_i\}_{i=\text{dynamic}}$ と、を算出する。

- [0186] 静止体動体弁別処理401は、算出した距離 $\{r_i^s(t_i)\}_{i=\text{dynamic}}$ と、ドップラー速度 $\{w_i(t_i)\}_{i=\text{dynamic}}$ と、静止体の検出時刻 $\{t_i\}_{i=\text{dynamic}}$ と、を動体点群の補正を行う点群補正処理404に渡す。
- [0187] センサ速度推定処理402は、上述した、センサ位置姿勢推定処理400から渡されたセンサ姿勢 R_s およびセンサ角速度 $\sim \omega_s$ と、静止体動体弁別処理401から渡された距離 $\{r_i^s(t_i)\}_{i=\text{static}}$ およびドップラー速度 $\{w_i(t_i)\}_{i=\text{static}}$ とに基づき、センサ部10の速度としてセンサ速度 v_s を算出する。センサ速度推定処理402は、算出したセンサ速度 v_s を、静止体動体弁別処理401と、点群補正処理403および404と、SLAM処理410と、に渡す。
- [0188] 点群補正処理403は、センサ位置姿勢推定処理400から渡されたセンサ姿勢 R_s およびセンサ角速度 $\sim \omega_s$ と、静止体動体弁別処理401から渡された距離 $\{r_i^s(t_i)\}_{i=\text{static}}$ および静止体の検出時刻 $\{t_i\}_{i=\text{static}}$ と、に基づき、補正された静止体点群の位置としての距離 $\{r_i^s(t_N)\}_{i=\text{static}}$ を算出する。点群補正処理403は、算出した距離 $\{r_i^s(t_N)\}_{i=\text{static}}$ を、SLAM処理410に渡す。
- [0189] 点群補正処理404は、センサ位置姿勢推定処理400から渡されたセンサ姿勢 R_s およびセンサ角速度 $\sim \omega_s$ と、静止体動体弁別処理401から渡された距離 $\{r_i^s(t_i)\}_{i=\text{dynamic}}$ 、ドップラー速度 $\{w_i(t_i)\}_{i=\text{dynamic}}$ および静止体の検出時刻 $\{t_i\}_{i=\text{dynamic}}$ と、センサ速度推定処理402から渡されたセンサ速度 v_s と、SLAM処理410から渡されたセンサ位置 $p_{s,j}$ と、動体検出処理405から渡された動体位置 $\{p_m\}_j$ 、動体姿勢 $\{R_m\}_j$ および $\{v_m\}_j$ 、ならびに、動体角速度 $\{\sim \omega_m\}_j$ と、に基づき、補正された動体点群 $\{r_i^s(t_N)\}_{i=\text{dynamic}}$ と、補正されたドップラー速度 $\{w'_i(t_N)\}_{i=\text{dynamic}}$ と、を算出する。点群補正処理404は、算出した、補正された動体点群 $\{r_i^s(t_N)\}_{i=\text{dynamic}}$ および補正されたドップラー速度 $\{w'_i(t_N)\}_{i=\text{dynamic}}$ を、動体検出処理405に渡す。
- [0190] 動体検出処理405は、点群補正処理404から渡された補正された動体

点群 $\{r_i^s(t_N)\}_{i=\text{dynamic}}$ および補正されたドップラー速度 $\{w'_i(t_N)\}_{i=\text{dynamic}}$ に基づき、動体位置 $\{p_m\}_j$ と、動体姿勢 $\{R_m\}_j$ および $\{v_m\}_j$ と、動体角速度 $\{\sim\omega_m\}_j$ と、動体範囲 $\{E_m\}_j$ と、を算出し、出力する。また、動体検出処理 405 は、フレームごとの検出時刻 t_j を出力する。動体検出処理 405 から出力された各値は、例えば送信部 201（図 2 参照）に渡される。さらに、動体検出処理 405 は、算出した動体位置 $\{p_m\}_j$ 、動体姿勢 $\{R_m\}_j$ および $\{v_m\}_j$ 、ならびに、動体角速度 $\{\sim\omega_m\}_j$ を、点群補正処理 404 に渡す。

[0191] SLAM処理 410 は、センサ位置姿勢推定処理 400 から渡されたセンサ位置 p_s 、センサ姿勢 R_s およびセンサ角速度 $\sim\omega_s$ と、センサ速度推定処理 402 から渡されたセンサ速度 v_s と、点群補正処理 403 から渡された、補正された静止体点群 $\{r_i^s(t_N)\}_{i=\text{static}}$ と、に基づき、地図 $\langle m \rangle$ （「 $\langle$ 」および「 $\rangle$ 」はそれぞれ大括弧を示す）を作成し、出力する。また、SLAM処理 410 は、センサ位置 $p_{s,j}$ と、センサ姿勢 $R_{s,j}$ と、センサ角速度 $\sim\omega_{s,j}$ と、センサ速度 $v_{s,j}$ と、を出力する。さらに、SLAM処理 410 は、フレームごとの検出時刻 t_j を出力する。SLAM処理 410 から出力された各値は、例えば送信部 201（図 2 参照）に渡される。

[0192] 図 24 は、実施形態に係る信号処理部 20 における、点群補正に係る処理を示す一例のフローチャートである。図 24 における処理は、光検出測距センサ 110 による 1 フレームの計測処理ごとに実行される。

[0193] ステップ S200 で、信号処理部 20 は、光検出測距センサ 110 から出力される FMCW-LiDAR データによるフレームの取得を開始する。

[0194] 次のステップ S201 で、信号処理部 20 は、静止体動体弁別処理 401 により、受信光信号が検出された検出点の距離およびドップラー速度と、検出時刻と、走査角とを取得する。次のステップ S202 で、信号処理部 20 は、静止体動体弁別処理 401 により、センサ速度推定処理 402 が前回の処理で推定したセンサ速度を取得する。次のステップ S203 で、信号処理部 20 は、静止体動体弁別処理 401 により、ステップ S202 で取得され

たセンサ速度を用いて、検出点のドップラー速度を座標変換し、補正ドップラー速度を算出する。

[0195] 次のステップS204で、信号処理部20は、静止体動体弁別処理401により、ステップS203で算出された検出点の補正ドップラー速度の絶対値が閾値以下であるか否かを判定する。

[0196] 信号処理部20は、静止体動体弁別処理401により、検出点の補正ドップラー速度の絶対値が閾値以下であると判定した場合（ステップS204、「Yes」）、処理を静止体点群の処理に係るステップS210に移行させる。

[0197] ステップS210で、信号処理部20は、静止体点群の補正を行う点群補正処理403により、検出点を、静止体の速度点群フレームに追加する。次のステップS211で、信号処理部20は、点群補正処理403により、センサ位置姿勢推定処理400で推定されたセンサ姿勢および角速度を取得する。次のステップS212で、信号処理部20は、センサ速度推定処理402により、静止帯の速度点群フレームと、センサ姿勢および角速度とを用いて、センサ速度を推定する。

[0198] 次のステップS213で、信号処理部20は、点群補正処理403により、ステップS212で推定したセンサ速度と、ステップS211で取得したセンサ姿勢および角速度と、前回の処理からの時間差分とを用いて、静止体の速度点群フレームを補正する。

[0199] 次のステップS214で、信号処理部20は、点群補正処理403により、フレーム内の全点に対する処理が完了したか否かを判定する。信号処理部20は、点群補正処理403により処理が完了したと判定されると（ステップS214、「Yes」）、処理をステップS230に移行させる。一方、信号処理部20は、点群補正処理403により処理が完了していないと判定されると（ステップS214、「No」）、処理をステップS201に戻し、FMCW-LiDARデータによるフレーム内の次の検出点に対する処理を実行する。

- [0200] 信号処理部20は、上述したステップS204において、静止体動体弁別処理401により、検出点の補正ドップラー速度の絶対値が閾値を超えると判定した場合（ステップS204、「No」）、処理を動体点群の処理に係るステップS220に移行させる。
- [0201] ステップS220で、信号処理部20は、動体点群の補正を行う点群補正処理404により、検出点を、動体の速度点群フレームに追加する。次のステップS221で、信号処理部20は、点群補正処理404により、センサ位置姿勢推定処理400で推定されたセンサ姿勢および角速度を取得する。
- [0202] 次のステップS212で、信号処理部20は、点群補正処理404により、動体の速度点群に対してクラスタリングを行い、動体の速度点群を局所速度点群に分割する。すなわち、信号処理部20は、点群補正処理404により、動体の速度点群フレームに含まれる速度点群を、動体ごとの速度点群に分割する。
- [0203] 次のステップS223で、信号処理部20は、点群補正処理404により、センサ速度、センサ姿勢および角速度と、動体の位置、姿勢、速度および角速度と、前回の処理からの時間差分とを用いて、速度点群フレームにおける各動体の点群クラスタフレーム（局所速度点群）を補正する。
- [0204] 次のステップS224で、信号処理部20は、点群補正処理404により、フレーム内の全点に対する処理が完了したか否かを判定する。信号処理部20は、点群補正処理404により処理が完了したと判定されると（ステップS224、「Yes」）、処理をステップS230に移行させる。一方、信号処理部20は、点群補正処理404により処理が完了していないと判定されると（ステップS224、「No」）、処理をステップS201に戻し、フレーム内の次の検出点に対する処理を実行する。
- [0205] ステップS230で、信号処理部20は、点群補正処理403で補正された静止体点群による静止体速度点群フレームと、点群補正処理404で補正された動体点群による動体速度点群フレームと、を出力する。出力された静止体速度点群フレームは、例えばSLAM処理410に渡される。また、出

力された動体速度点群フレームは、例えば動体検出処理405に渡される。

[0206] 図25は、実施形態に係る信号処理部20における、静止体の速度点群フレームの補正処理を示す一例のフローチャートである。図25のフローチャートは、上述した図24のフローチャートにおけるステップS213の処理を、より詳細に示すものである。

[0207] ステップS250で、信号処理部20は、点群補正処理403により、センサ速度推定処理402により推定されたセンサ速度を取得する。次のステップS251で、信号処理部20は、点群補正処理403により、静止体の速度点群フレームに含まれる各点の座標を取得する。次のステップS252で、信号処理部20は、点群補正処理403により、センサ位置姿勢推定処理400で推定されたセンサ姿勢および加速度を取得する。次のステップS253で、信号処理部20は、点群補正処理403により、ステップS250～ステップS252で取得された各値に基づき、静止体の速度点群フレームに含まれる各点の、瞬時速度ベクトルを推定する。

[0208] 次のステップS254で、信号処理部20は、点群補正処理403により、前回の処理からの差分時間と、各点の瞬時速度ベクトルの積から、各点の微小位置変化を算出する。信号処理部20は、点群補正処理403により、算出した各点の微小位置変化に基づき、各点の位置をシフトさせ、静止体の速度点群フレームの補正を行う。

[0209] (実施形態に係る処理の理論式による説明)

ここで、図23を用いて説明した、実施形態に係る信号処理部20における処理を、理論式を用いて説明する。

[0210] (静止体に係る処理につて)

先ず、静止体に係る処理について説明する。図26は、以下の説明にて用いる座標系および各変数を定義するための模式図である。図26においては、光検出測距センサ110（以下、センサ）の位置を位置 O^s とし、位置 O^s を原点として、互いに直交する座標軸 x^s 、 y^s および z^s により、センサ座標系が定義される。センサの角速度および速度を、それぞれ角速度 $\rightarrow \omega^s$ および速度

$\rightarrow v_s$ とする。

[0211] 静止体（剛体）において、剛体上の位置 O_m を原点として、互いに直交する軸 x_m 、 y_m および z_m により、剛体座標系が定義される。剛体の角速度および速度を、それぞれ $\rightarrow \omega_m$ および $\rightarrow v_m$ とする。

[0212] 剛体上の検出位置である点 i は、位置 O_m からベクトル $\rightarrow u_i$ で示される位置とされ、点 i は、速度 $\rightarrow v_i$ と、光検出測距センサ110に対するドップラー速度 $\rightarrow w_i$ とを持つものとする。点 i は、センサから見て距離 $\rightarrow r_i$ の位置にあるものとする。

[0213] また、空間内の任意の位置 O を原点として、互いに直交する軸 x 、 y 、 z により、世界座標系が定義される。世界座標系の原点である位置 O から見て、剛体座標系の原点である位置 O_m は、位置 $\rightarrow p_m$ にあり、点 i は、位置 $\rightarrow p_i$ にあるものとする。また、位置 O から見て、センサ座標系の原点である位置 O_s は、位置 $\rightarrow p_s$ にあるものとする。

[0214] （検出対象が静止体であり、且つ、センサが運動している場合）

先ず、検出対象が静止体であり、且つ、センサが運動している場合の、各座標系における各値の関係について説明する。点 i の位置ベクトル $_p_i$ は、次式（1）にて表される。

[0215] [数1]

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_s + \mathbf{r}_i \quad \cdots (1)$$

[0216] また、点 i の速度ベクトル $_p_i$ は、次式（2）にて表される。

[0217] [数2]

$$\dot{\mathbf{p}}_i = \dot{\mathbf{p}}_s + \tilde{\omega}_s \mathbf{r}_i + \dot{\mathbf{r}}_i \quad \cdots (2)$$

[0218] なお、式（2）において、剛体の角速度を示す角速度チルダ行列 $\sim \omega_s$ は、次式（3）の角速度ベクトル $_ \omega$ に基づき、次式（4）のように表される。

[0219] [数3]

$$\boldsymbol{\omega} = \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix} \quad \cdots (3)$$

[0220] [数4]

$$\tilde{\omega} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_z & \omega_y \\ \omega_z & 0 & -\omega_x \\ -\omega_y & \omega_x & 0 \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

[0221] 式（２）において、剛体座標系が静止している場合、次式（５）が成り立つ。

[0222] [数5]

$$\dot{\mathbf{p}}_i = \mathbf{0} \quad \dots (5)$$

[0223] また、ベクトル恒常式により、距離 r_i および角速度チルダ行列 $\tilde{\omega}_s$ に、次式（６）の関係が成り立つ。

[0224] [数6]

$$\mathbf{r}_i \cdot \tilde{\omega}_s \mathbf{r}_i = \mathbf{0} \quad \dots (6)$$

[0225] また、点 i のドップラー速度 w_i は、次式（７）にて表される。

[0226] [数7]

$$w_i = \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{r}}_i \quad \dots (7)$$

[0227] 上述の式（２）、式（５）～式（７）により、次式（８）が得られる。

[0228] [数8]

$$\dot{\mathbf{p}}_i = \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{p}}_s + \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \tilde{\omega}_s \mathbf{r}_i + w_i \quad \dots (8)$$

[0229] 式（８）を次式（９）のように変形して各値の関係を整理し、ドップラー速度 w_i と点 i の速度ベクトル $\dot{\mathbf{p}}_i$ との関係を得る。

[0230] [数9]

$$w_i = -\frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{p}}_s \quad \dots (9)$$

[0231] （ドップラー速度を用いたセンサ速度の推定）

次に、センサ速度推定処理４０２による、センサが運動し、点 i が静止体の場合の、ドップラー速度を用いたセンサ速度の推定方法について説明する。ドップラー速度 w_i と、センサの速度 $\mathbf{v}_s$ との関係は、上述した式（９）に基

づき、次式（１０）にて表される。

[0232] [数10]

$$w_i = -\frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{p}}_s \quad \dots (10)$$

[0233] 式（１０）は、センサ姿勢 $\mathbf{R}_s$ を用いて、次式（１１）のように表すことができる。

[0234] [数11]

$$w_i = -\frac{\mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s}{r_i} \cdot \mathbf{v}_s \quad \dots (11)$$

[0235] 式（１１）において、 $-(\mathbf{r}_i^s / r_i)$ は、ビーム方向ベクトルを示し、これは、行列を用いて次式（１２）のように表すことができる。

[0236] [数12]

$$\frac{\mathbf{r}_i^s}{r_i} = \begin{bmatrix} \cos \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{vi} \end{bmatrix} \quad \dots (12)$$

[0237] 式（１２）を式（１１）に代入することで、次式（１３）が得られる。

[0238] [数13]

$$w_i = -\mathbf{R}_s \begin{bmatrix} \cos \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{vi} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_{sx} \\ v_{sy} \\ v_{sz} \end{bmatrix} \quad \dots (13)$$

[0239] ここで、式（１３）に基づき、値 e_i を次式（１４）のように定義する。

[0240] [数14]

$$e_i = -\mathbf{R}_s \begin{bmatrix} \cos \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{vi} \end{bmatrix} \quad \dots (14)$$

[0241] 式（１４）を用いて、センサ速度 $\mathbf{v}_s$ を表す次式（１５）を得ることができる。センサ速度推定処理４０２では、この式（１５）により、センサ速度 $\mathbf{v}_s$ を推定する。

[0242]

[数15]

$$\mathbf{v}_s = \begin{bmatrix} v_{sx} \\ v_{sy} \\ v_{sz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{x1} & e_{y1} & e_{z1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{xN} & e_{yN} & e_{zN} \end{bmatrix}^\dagger \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_N \end{bmatrix} \quad \cdots (15)$$

[0243] なお、式（15）において、値 e_i による行列は、静止体、世界座標系におけるビーム方向ベクトルの行列を示している。

[0244] （静止体点群の補正処理）

次に、センサが運動している場合の、点群補正処理403による静止体点群の補正処理について説明する。

[0245] 点 i の速度ベクトル $\mathbf{v}_i$ は、次式（16）にて表される。

[0246] [数16]

$$\mathbf{v}_i = \mathbf{v}_s + \tilde{\omega}_s \mathbf{r}_i + \dot{\mathbf{r}}_i \quad \cdots (16)$$

[0247] 式（16）を変形して、次式（17）を得る。

[0248] [数17]

$$\mathbf{R}_s \dot{\mathbf{r}}_i^s + \tilde{\omega}_s \mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s + \mathbf{v}_s = \mathbf{0} \quad \cdots (17)$$

[0249] 式（17）をさらに変形して、次式（18）を得る。

[0250] [数18]

$$\frac{d\mathbf{r}_i^s}{dt} = -\mathbf{R}_s^{-1}(\tilde{\omega}_s \mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s - \mathbf{v}_s) \quad \cdots (18)$$

[0251] 式（18）を離散方程式化して、次式（19）を得る。なお、式（19）において、 Δt_i は、計測差分時間であって、 $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$ で求められる。

[0252] [数19]

$$\Delta \mathbf{r}_i^s = -\mathbf{R}_s^{-1}(\tilde{\omega}_s \mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s - \mathbf{v}_s) \Delta t_i \quad \cdots (19)$$

[0253] 式（19）に基づき、補正係数 $\mathbf{x}_i^s$ を、次式（20）のように定義する。

[0254] [数20]

$$\mathbf{x}_i^s = -\mathbf{R}_s^{-1}(\tilde{\omega}_s \mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s - \mathbf{v}_s) \quad \cdots (20)$$

[0255] 計測差分時間 Δt_i と、式（20）に示した補正係数 $\mathbf{x}_i^s$ とを用いて、次式（21）により、静止体点群の各点の位置を補正する。

[0256] [数21]

$$\begin{aligned}
\mathbf{r}_0^s(t_N) &= \mathbf{x}_0^s(t_N)\Delta t_N + \mathbf{x}_0^s(t_{N-1})\Delta t_{N-1} \quad \dots + \mathbf{x}_0^s(t_1)\Delta t_1 + \mathbf{r}_0^s(t_0) \\
&\vdots \\
\mathbf{r}_{N-2}^s(t_N) &= \mathbf{x}_{N-2}^s(t_N)\Delta t_N + \mathbf{x}_{N-2}^s(t_{N-1})\Delta t_{N-1} \quad \dots + \mathbf{r}_{N-2}^s(t_{N-2}) \\
\mathbf{r}_{N-1}^s(t_N) &= \mathbf{x}_{N-1}^s(t_N)\Delta t_N + \mathbf{r}_{N-1}^s(t_{N-1}) \\
\mathbf{r}_N^s(t_N) &= \mathbf{r}_N^s(t_N)
\end{aligned}
\quad \dots (21)$$

[0257] なお、式（21）において、左辺は、補正後の各検出点（点*i*）の、センサ座標系における位置ベクトルを示している。また、右辺の最後の項は、各検出点の補正前の、センサ座標系における位置ベクトルを示している。点群補正処理403では、式（21）により、各検出点の補正前の、センサ座標系における検出点（点*i*）の位置ベクトルに対して、当該点*i*における計測差分時間 Δt_i と補正係数 $\mathbf{x}_i^s$ とに基づく補正項により位置補正値を加算することで、静止体点群の各点の位置を補正している。

[0258] （動体に係る処理につて）

次に、動体に係る処理について説明する。座標系については、上述した図26における静止体（剛体）を動体（剛体）に置き換えたものとなる以外は、図26と共通であるため、ここでの説明を省略する。

[0259] （検出対象が動体であり、且つ、センサが運動している場合）

先ず、検出対象が動体であり、且つ、センサが運動している場合の、各座標系における各値の関係について説明する。点*i*（検出位置）の位置ベクトル $\mathbf{p}_i$ は、次式（22）にて表わされる。

[0260] [数22]

$$\mathbf{p}_i = \mathbf{p}_m + \mathbf{u}_i \quad \dots (22)$$

[0261] また、点*i*の剛体座標系の速度ベクトル $\dot{\mathbf{p}}_i$ は、次式（23）にて表される。なお、点*i*のセンサ座標系の速度ベクトル $\dot{\mathbf{p}}_i$ は、上述した式（2）と同様であるので、ここでの説明を省略する。

[0262] [数23]

$$\dot{\mathbf{p}}_i = \dot{\mathbf{p}}_m + \tilde{\omega}_m \mathbf{u}_i \quad \dots (23)$$

[0263] ベクトル恒常式による上述した式（６）と、式（２）の、点 i のセンサ座標系の速度ベクトル $\dot{\mathbf{p}}_i$ とを用いて式（２３）を変形して、次式（２４）が得られる。

[0264] [数24]

$$\frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{p}}_m + \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \tilde{\omega}_m \mathbf{u}_i = \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{r}}_s + \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \tilde{\omega}_s \mathbf{r}_i + w_i \quad \dots (24)$$

[0265] 式（２４）を、さらに次式（２５）のように変形し、各値の関係を整理する。

[0266] [数25]

$$w_i + \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \dot{\mathbf{p}}_s = \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot (\dot{\mathbf{p}}_m + \tilde{\omega}_m \mathbf{u}_i) \quad \dots (25)$$

[0267] （静止体と動体との速度弁別）

次に、静止体動体弁別処理４０１による、静止体と動体との速度弁別について説明する。ドップラー速度 w_i を、点 i の動きに応じて補正した補正ドップラー速度 w_i' は、次式（２６）にて与えられる。

[0268] [数26]

$$w_i' = w_i + \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot \mathbf{v}_s \quad \dots (26)$$

[0269] 静止体動体弁別処理４０１では、この補正ドップラー速度 w_i' に対して閾値判定を行うことで、点 i が動体であるか、静止体であるかを判定する。例えば、動体を判定するための動体判定閾値 v_{th1} と、静止体を判定するための静止体判定閾値 v_{th2} を設定する。補正ドップラー速度 w_i' の絶対値が静止体判定閾値 v_{th2} 未満の場合に（ $|w_i'| < v_{th2}$ ）、点 i が静止体であると判定する。また、補正ドップラー速度 w_i' の絶対値が動体判定閾値 v_{th1} を超える場合に（ $|w_i'| > v_{th1}$ ）、点 i が動体であると判定する。

[0270] （ドップラー速度を用いたセンサ速度の推定）

次に、センサ速度推定処理４０２による、センサが運動し、点 i が動体の場合の、ドップラー速度を用いたセンサ速度の推定方法について説明する。センサの動体に対する相対速度は、ドップラー速度 w_i を用いて次式（２７）

のように表される。

[0271] [数27]

$$w_i - \frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot (\tilde{\omega}_m \mathbf{u}_i) = -\frac{\mathbf{r}_i}{r_i} \cdot (\mathbf{v}_s - \mathbf{v}_m) \quad \dots (27)$$

[0272] 式(27)を、センサ姿勢 $\mathbf{R}_s$ を用いて変形し、次式(28)を得る。

[0273] [数28]

$$w_i - \frac{\mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s}{r_i} \cdot (\tilde{\omega}_m \mathbf{u}_i) = -\frac{\mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s}{r_i} \cdot (\mathbf{v}_s - \mathbf{v}_m) \quad \dots (28)$$

[0274] ここで、値 η_i を、次式(29)のように定義する。

[0275] [数29]

$$\eta_i = \tilde{\omega}_m \mathbf{u}_i \quad \dots (29)$$

[0276] 式(29)におけるベクトル $\mathbf{u}_i$ は、次式(30)により得られる。

[0277] [数30]

$$\mathbf{u}_i = \mathbf{p}_s + \mathbf{r}_i - \mathbf{p}_m \quad \dots (30)$$

[0278] なお、式(29)は、行列式を用いて次式(31)のように表される。

[0279] [数31]

$$\begin{bmatrix} \eta_{ix} \\ \eta_{iy} \\ \eta_{iz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -\omega_{mz} & \omega_{my} \\ \omega_{mz} & 0 & -\omega_{mx} \\ -\omega_{my} & \omega_{mx} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_s + x_i - x_m \\ y_s + y_i - y_m \\ z_s + z_i - z_m \end{bmatrix} \quad \dots (31)$$

[0280] 上述した式(28)を式(29)～式(31)を用いて変形して、次式(32)を得る。

[0281] [数32]

$$w_i - \mathbf{R}_s \begin{bmatrix} \cos \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{vi} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \eta_{ix} \\ \eta_{iy} \\ \eta_{iz} \end{bmatrix} = -\mathbf{R}_s \begin{bmatrix} \cos \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{vi} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_{sx} - v_{mx} \\ v_{sy} - v_{my} \\ v_{sz} - v_{mz} \end{bmatrix} \quad \dots (32)$$

[0282] ここで、値 ξ_i を、次式(33)のように定義する。

[0283] [数33]

$$\xi_i = w_i - \mathbf{R}_s \begin{bmatrix} \cos \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{hi} \cos \theta_{vi} \\ \sin \theta_{vi} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \eta_{ix} \\ \eta_{iy} \\ \eta_{iz} \end{bmatrix} \quad \dots (33)$$

[0284] 上述した式(32)を、式(33)の値 ξ_i と、式(14)を用いて定義した値 e_i とを用いて変形し、動体速度 v_m を示す次式(34)を得る。

[0285] [数34]

$$v_m = \begin{bmatrix} v_{mx} \\ v_{my} \\ v_{mz} \end{bmatrix} = v_s - \begin{bmatrix} e_{x1} & e_{y1} & e_{z1} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ e_{xN} & e_{yN} & e_{zN} \end{bmatrix}^\dagger \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \vdots \\ \xi_N \end{bmatrix} \quad \dots (34)$$

[0286] (動体点群の補正処理)

次に、センサが運動している場合の、点群補正処理404による動体点群補正処理について説明する。

[0287] センサ座標系における点 i の速度ベクトル v_i は、次式(35)により表される。

[0288] [数35]

$$v_i = v_s + \tilde{\omega}_s r_i + \dot{r}_i \quad \dots (35)$$

[0289] また、剛体座標系における点 i の速度ベクトル v_i は、次式(36)により表される。

[0290] [数36]

$$v_i = v_m + \tilde{\omega}_m u_i \quad \dots (36)$$

[0291] 式(35)と式(36)とを等しいとし、式(35)をセンサ姿勢 R_s を用いて変形して、次式(37)を得る。

[0292] [数37]

$$R_s \dot{r}_i^s + \tilde{\omega}_s R_s r_i^s + v_s = v_m + \tilde{\omega}_m u_i \quad \dots (37)$$

[0293] 式(37)のベクトル u_i に、上述した式(30)を代入し、次式(38)を得る。

[0294] [数38]

$$\frac{dr_i^s}{dt} = -R_s^{-1}(\tilde{\omega}_s R_s r_i^s - v_s + v_m + \tilde{\omega}_m(p_s + r_i - p_m)) \quad \dots (38)$$

[0295] 式(38)を離散方程式化し、計測差分時間 Δt_i を適用して次式(39)を得る。

[0296] [数39]

$$\Delta \mathbf{r}_i^s = -\mathbf{R}_s^{-1}(\tilde{\omega}_s \mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s - \mathbf{v}_s + \mathbf{v}_m + \tilde{\omega}_m (\mathbf{p}_s + \mathbf{r}_i - \mathbf{p}_m)) \Delta t_i \quad \cdots (39)$$

[0297] 式 3 9 に基づき、補正係数 σ_{s_i} を、次式 (4 0) のように定義する。

[0298] [数40]

$$\sigma_i^s = -\mathbf{R}_s^{-1}(\tilde{\omega}_s \mathbf{R}_s \mathbf{r}_i^s - \mathbf{v}_s + \mathbf{v}_m + \tilde{\omega}_m (\mathbf{p}_s + \mathbf{r}_i - \mathbf{p}_m)) \quad \cdots (40)$$

[0299] 計測差分時間 Δt_i と、式 (4 0) に示した補正係数 σ_{s_i} とを用いて、次式 (4 1) により、動体点群の各点の位置を補正する。

[0300] [数41]

$$\begin{aligned} \mathbf{r}_0^s(t_N) &= \sigma_0^s(t_N) \Delta t_N + \sigma_0^s(t_{N-1}) \Delta t_{N-1} \quad \cdots + \sigma_0^s(t_1) \Delta t_1 + \mathbf{r}_0^s(t_0) \\ &\vdots \\ \mathbf{r}_{N-2}^s(t_N) &= \sigma_{N-2}^s(t_N) \Delta t_N + \sigma_{N-2}^s(t_{N-1}) \Delta t_{N-1} \quad \cdots + \mathbf{r}_{N-2}^s(t_{N-2}) \\ \mathbf{r}_{N-1}^s(t_N) &= \sigma_{N-1}^s(t_N) \Delta t_N \quad \cdots + \mathbf{r}_{N-1}^s(t_{N-1}) \\ \mathbf{r}_N^s(t_N) &= \mathbf{r}_N^s(t_N) \quad \cdots + \mathbf{r}_N^s(t_N) \end{aligned} \quad \cdots (41)$$

[0301] なお、式 (4 1) において、左辺は、補正後の各検出点 (点 i) の、センサ座標系における位置ベクトルを示している。また、右辺の最後の項は、各検出点の補正前の、センサ座標系における位置ベクトルを示している。点群補正処理 4 0 4 では、式 (4 1) により、各検出点の補正前の、センサ座標系における検出点 (点 i) の位置ベクトルに対して、当該点 i における計測差分時間 Δt_i と補正係数 σ_{s_i} とに基づく補正項により位置補正値を加算することで、動体点群の各点の位置を補正している。

[0302] (3. 本開示に係る実施形態の第 1 の変形例)

次に、本開示に係る実施形態の第 1 の変形例について説明する。実施形態の第 1 の変形例は、図 2 に示した実施形態に係る信号処理システム 1 に対して、光検出測距センサ 1 1 0 の走査を制御する構成を追加した例である。

[0303] 図 2 7 は、実施の第 1 の変形例に係る信号処理システムの一例の構成を示すブロック図である。図 2 7 において、信号処理システム 1 a は、信号処理部 2 0 a に、図 2 に示した信号処理システム 1 における信号処理部 2 0 に対して、制御通信部 2 3 0 と、走査制御部 2 3 1 と、パラメータ設定部 2 3 2

と、が追加されている。

[0304] 制御通信部230は、情報処理部30から送信された座標基準情報およびR O I 指定情報に基づき、光検出測距センサ110における走査を制御するための走査制御情報を生成する。

[0305] 例えば、制御通信部230は、受信した座標基準情報を、パラメータ設定部232に渡す。パラメータ設定部232は、渡された座標基準情報に基づき、例えば光検出測距センサ110の走査に係る初期値を設定する。制御通信部230は、パラメータ設定部232により設定された初期値を、走査制御情報として光検出測距センサ110に渡す。光検出測距センサ110は、制御通信部230から渡された走査制御情報に従い、走査機構などの初期化を行う。

[0306] また例えば、制御通信部230は、受信したR O I 指定情報を、走査制御部231に渡す。R O I 指定情報は、例えば画像データに対して注目領域として設定された座標情報を含んでよい。走査制御部231は、例えば、渡されたR O I 指定情報に基づき、座標情報を、光検出測距センサ110における走査範囲を制御するための水平および垂直の角度範囲の情報に変換して、制御通信部230に渡す。制御通信部230は、走査制御部231から渡された水平および垂直の角度範囲の情報を、走査制御情報として光検出測距センサ110に渡す。光検出測距センサ110は、渡された走査制御情報に従い、走査範囲を制御する。

[0307] これにより、光検出測距センサ110に対して、指定された注目領域を限定的に走査させるように制御でき、走査に要する時間を短縮することが可能となる。また、光検出測距センサ110に対して、指定された注目領域を限定的且つ高密度に走査させるように制御することもでき、注目領域においてより高精度な動作認識や画像認識を実現可能である。

[0308] これに限らず、R O I 指定情報は、R O I 抽出部223から渡されてもよい。すなわち、R O I 抽出部223は、3 D / 2 D 変換部222から渡された2 D 座標による点群に基づき、イメージセンサ120から受信部200を

介して渡された画像データから抽出した注目領域を示す情報を、R O I 指定情報として制御通信部 2 3 0 に渡す。制御通信部 2 3 0 は、R O I 抽出部 2 2 3 から渡された R O I 指定情報を走査制御部 2 3 1 に渡す。

[0309] (4. 本開示に係る実施形態の第 2 の変形例)

次に、本開示に係る実施形態の第 2 の変形例について説明する。実施形態の第 2 の変形例は、図 2 に示した実施形態に係る信号処理システム 1 から、イメージセンサ 1 2 0 と画像データに係る処理を行う構成とを省略した例である。

[0310] 図 2 8 は、実施形態の第 2 の変形例に係る信号処理システムの一例の構成を示すブロック図である。図 2 8 において、信号処理システム 1 c は、センサ部 1 0 a において、図 2 に示したセンサ部 1 0 からイメージセンサ 1 2 0 が省略されている。また、信号処理システム 1 b は、信号処理部 2 0 b において、図 2 に示した信号処理部 2 0 から画像データの処理に係る構成、具体的には、3 D / 2 D 変換部 2 2 2 と、R O I 抽出部 2 2 3 と、合成部 2 2 4 と、動作認識部 2 2 5 と、画像認識部 2 2 6 と、が省略されている。

[0311] この実施形態の第 2 の変形例に係る信号処理システム 1 c の構成であっても、地図情報の出力と、静止体速度点群および動体速度点群の出力が可能である。動体の動作認識による動作メタ情報や、画像認識による画像メタ情報が不要な場合には、この実施形態の第 2 の変形例に係る信号処理システム 1 c の構成を適用することで、コストの削減が可能である。

[0312] (5. 本開示に係る他の実施形態)

上述した実施形態およびその各変形例では、静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 は、常に F M C W - L i D A R におけるフレームの全体を補正処理の対象としているが、これはこの例に限定されない。例えば、静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 による補正を行うか否かを、当該フレームの全体に設定してもよいし、当該フレーム内に設定した 1 以上の領域に対して設定してもよい。

[0313] また例えば、当該フレームに含まれる点（検出点）ごとに、静止体点群補

正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 による補正を行うか否かを設定してもよい。この場合、補正を行うか否かの点ごとの判定は、当該フレーム内の各点の少なくとも 1 つの属性情報、或いは、当該フレーム以前のフレーム内の点の属性値に基づき行ってよい。

[0314] このような、静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 による補正を行うか否かの判定や、補正をどの単位（領域、点ごと、フレーム全体）で行うは、信号処理部 2 0 の外部から指定することができる。例えば、情報処理部 3 0 が信号処理部 2 0 に対して、この指定を行ってよい。また、上述した実施形態の第 1 の変形例においては、情報処理部 3 0 が信号処理部 2 0 a における制御通信部 2 3 0 に対して、この指定を示す指定情報を送信してよい。制御通信部 2 3 0 は、この指定情報に基づき、静止体点群補正部 2 1 3 および動体点群補正部 2 1 4 の動作を制御してよい。

[0315] さらに、上述の実施形態およびその各変形例において、送信部 2 0 1 から出力される、静止体速度点群および動体速度点群といった各データに、上述した補正の単位に応じて、補正の有無を示す情報を付加してよい。

[0316] なお、本明細書に記載された効果はあくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果があってもよい。

[0317] なお、本技術は以下のような構成も取ることができる。

(1)

第 1 のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群データを受信する受信部と、

前記速度点群データに含まれる少なくとも 1 つの点に関する少なくとも 1 つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部と、

前記補正部により補正された前記属性値に対して前記所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信する送信部と、

を備える、

信号処理装置。

(2)

前記時刻情報は、前記第 1 のセンサにおいて前記複数の点それぞれが取得された時刻を示す、

前記（１）に記載の信号処理装置。

（３）

前記所定の時刻は、前記第 1 のセンサによる検出動作のフレームごとに少なくとも 1 つが与えられる、

前記（１）または（２）に記載の信号処理装置。

（４）

前記受信部は、

さらに、第 2 のセンサから慣性計測データを受信し、

前記補正部は、

前記推定値を、前記速度情報と、前記時刻情報と、前記慣性計測データと、に基づき算出する、

前記（１）乃至（３）の何れかに記載の信号処理装置。

（５）

前記補正部は、

少なくとも、動体による速度点群である動体速度点群を前記補正の対象とする、

前記（１）乃至（４）の何れかに記載の信号処理装置。

（６）

前記補正部は、

前記動体速度点群を前記補正部による第 1 の補正の対象とし、静止体による速度点群である静止体速度点群を前記補正部による第 2 の補正の対象とする、

前記（５）に記載の信号処理装置。

（７）

前記補正部により補正された前記静止体速度点群と、第 2 のセンサから受信した慣性計測データと、に基づき地図情報を生成する地図生成部、

をさらに備える、

前記（６）に記載の信号処理装置。

（８）

注目領域を抽出する注目領域抽出部、

をさらに備え、

前記受信部は、

さらに、第３のセンサから画像データを受信し、

前記注目領域抽出部は、

前記補正部により補正された前記動体速度点群に基づき推定される、前記動体が含まれる領域に基づき、前記画像データから前記注目領域を抽出する、

前記（５）乃至（７）の何れかに記載の信号処理装置。

（９）

前記動体速度点群と、前記画像データのうち前記注目領域の画像データと、を合成した合成データに基づき前記動体の動作を認識する動作認識部、

をさらに備える、

前記（８）に記載の信号処理装置。

（１０）

前記画像データのうち前記注目領域の画像データに基づき画像認識処理を行う画像認識部、

をさらに備える、

前記（８）または（９）に記載の情報処理装置。

（１１）

前記受信部は、

前記第１のセンサから、前記第１のセンサによる検出動作の種別を示す種別情報をさらに受信する、

前記（１）乃至（１０）の何れかに記載の信号処理装置。

（１２）

プロセッサにより実行される、

第 1 のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群を受信することと、

前記速度点群に含まれる少なくとも 1 つの点に関する少なくとも 1 つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正することと、

前記補正することにより補正された前記属性値に対して前記所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信することと、

を含む、

信号処理方法。

(1 3)

アプリケーション部からの要求に応じて所定の機能を実行する実行部を備え、

前記実行部は、

第 1 のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群を受信する受信部と、

前記速度点群に含まれる少なくとも 1 つの点に関する少なくとも 1 つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部と、

前記アプリケーション部からの前記要求を受け取るインタフェース部と、
を含み、

前記インタフェース部は、

前記要求に応じて、前記補正部により補正された前記速度点群を前記アプリケーション部に渡す、
情報処理装置。

(1 4)

前記時刻情報は、前記第 1 のセンサにおいて前記複数の点それぞれが取得された時刻を示す、

前記 (1 3) に記載の情報処理装置。

(1 5)

前記所定の時刻は、前記第 1 のセンサによる検出動作のフレームごとに少なくとも 1 つが与えられる、

前記（13）または（14）に記載の情報処理装置。

（16）

前記補正部は、

前記推定値を、前記速度情報と、前記時刻情報と、前記受信部により第 2 のセンサから受信された慣性計測データと、に基づき算出する、

前記（13）乃至（15）の何れかに記載の情報処理装置。

（17）

前記補正部は、

少なくとも、動体による速度点群である動体速度点群を前記補正の対象とする、

前記（13）乃至（16）の何れかに記載の情報処理装置。

（18）

前記補正部は、

前記動体速度点群を前記補正部による第 1 の補正の対象とし、静止体による速度点群である静止体速度点群を前記補正部による第 2 の補正の対象とする、

前記（17）に記載の情報処理装置。

（19）

所定の処理を実行するアプリケーション部と、

所定の機能を実行する実行部に対して前記所定の処理に係る要求を渡すインタフェース部と、

を備え、

前記アプリケーション部は、

前記要求に応じて前記実行部より渡された、前記実行部が第 1 のセンサから受信したそれぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群に含まれる、少なくとも 1 つの点に関する少なくとも 1 つの属性値が所定の時

刻における推定値に基づき補正された前記速度点群を、前記インタフェース部を介して受け取り、受け取った該速度点群に基づき、前記所定の処理を実行する、

情報処理装置。

(20)

前記アプリケーション部は、

それぞれ前記インタフェース部を介して受け取った、前記推定値に基づき補正された静止体による速度点群である静止体速度点群と、前記実行部が第2のセンサから受信した慣性計測データと、に基づき地図情報を生成する地図生成部、

を含む、

前記(19)に記載の情報処理装置。

(21)

前記アプリケーション部は、

前記インタフェース部を介して受け取った、前記実行部が第3のセンサから受信した画像データに対する注目領域を、前記インタフェース部を介して受け取った、前記推定値に基づき補正された動体による速度点群である動体速度点群に基づき推定される、前記動体が含まれる領域に基づき抽出する注目領域抽出部、

を含む、

前記(19)または(20)に記載の情報処理装置。

(22)

前記アプリケーション部は、

前記動体速度点群と、前記画像データのうち前記注目領域の画像データと、を合成した合成データに基づき前記動体の動作を認識する動作認識部、を含む、

前記(21)に記載の情報処理装置。

(23)

前記アプリケーション部は、
前記画像データのうち前記注目領域の画像データに基づき画像認識処理を行う画像認識部、
を含む、
前記（２１）または（２２）に記載の情報処理装置。

符号の説明

- [0318] １， １ a， １ b， １ c 信号処理システム
１ ０， １ ０ a センサ部
２ ０， ２ ０ a， ２ ０ b 信号処理部
３ ０ 情報処理部
４ ０ 走査線
４ １， ４ １ a， ４ １ b， ４ １_{st} 射出ポイント
４ ２_１， ４ ２_２， ４ ２_N 走査線
４ ５ 角度範囲
４ ６ 走査範囲
５ ０ a， ５ ０ b， ５ ２ 物体
６ ０ a， ６ ０ b， ６ ０ c フレーム
６ １ 画素
１ ０ ０ I M U
１ １ ０ 光検出測距センサ
１ １ １ 光走査部
１ １ ２ 光送受信部
１ １ ３ 受信信号処理部
１ １ ４ 光走査制御部
１ １ ５， ２ ０ １ 送信部
１ ２ ０ イメージセンサ
１ ３ ０ 同期信号生成部
２ ０ ０ 受信部

- 2 1 0 センサ位置姿勢推定部
- 2 1 1 動体・静止体分離部
- 2 1 2 センサ速度推定部
- 2 1 3 静止体点群補正部
- 2 1 4 動体点群補正部
- 2 2 0 地図変換部
- 2 2 1 動体状態推定部
- 2 2 2 3 D / 2 D 変換部
- 2 2 3 R O I 抽出部
- 2 2 4 合成部
- 2 2 5 動作認識部
- 2 2 6 画像認識部
- 2 3 0 制御通信部
- 2 3 1 走査制御部
- 2 3 2 パラメータ設定部
- 4 0 0 センサ位置姿勢推定処理
- 4 0 1 静止体動体弁別処理
- 4 0 2 センサ速度推定処理
- 4 0 3, 4 0 4 点群補正処理
- 4 0 5 動体検出処理
- 1 0 0 0 センサ群
- 1 0 1 0 ファームウェア
- 2 0 0 0, 3 0 0 0 プロセッサ
- 2 0 1 0, 3 0 1 0 ライブラリ部
- 2 0 2 0, 3 0 2 0 アプリケーション部
- 2 0 3 0 O S
- 2 0 4 0 A P I 呼出部
- 2 0 4 1 A P I 処理部

請求の範囲

- [請求項1] 第1のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群データを受信する受信部と、
- 前記速度点群データに含まれる少なくとも1つの点に関する少なくとも1つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部と、
- 前記補正部により補正された前記属性値に対して前記所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信する送信部と、
- を備える、
- 信号処理装置。
- [請求項2] 前記時刻情報は、前記第1のセンサにおいて前記複数の点それぞれが取得された時刻を示す、
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項3] 前記所定の時刻は、前記第1のセンサによる検出動作のフレームごとに少なくとも1つが与えられる、
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項4] 前記受信部は、
- さらに、第2のセンサから慣性計測データを受信し、
- 前記補正部は、
- 前記推定値を、前記速度情報と、前記時刻情報と、前記慣性計測データと、に基づき算出する、
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項5] 前記補正部は、
- 少なくとも、動体による速度点群である動体速度点群を前記補正の対象とする、
- 請求項1に記載の信号処理装置。
- [請求項6] 前記補正部は、
- 前記動体速度点群を前記補正部による第1の補正の対象とし、静止

体による速度点群である静止体速度点群を前記補正部による第2の補正の対象とする、

請求項5に記載の信号処理装置。

[請求項7] 前記補正部により補正された前記静止体速度点群と、第2のセンサから受信した慣性計測データと、に基づき地図情報を生成する地図生成部、

をさらに備える、

請求項6に記載の信号処理装置。

[請求項8] 注目領域を抽出する注目領域抽出部、

をさらに備え、

前記受信部は、

さらに、第3のセンサから画像データを受信し、

前記注目領域抽出部は、

前記補正部により補正された前記動体速度点群に基づき推定される、前記動体が含まれる領域に基づき、前記画像データから前記注目領域を抽出する、

請求項5に記載の信号処理装置。

[請求項9] 前記動体速度点群と、前記画像データのうち前記注目領域の画像データと、を合成した合成データに基づき前記動体の動作を認識する動作認識部、

をさらに備える、

請求項8に記載の信号処理装置。

[請求項10] 前記受信部は、

前記第1のセンサから、前記第1のセンサによる検出動作の種別を示す種別情報をさらに受信する、

請求項1に記載の信号処理装置。

[請求項11] プロセッサにより実行される、

第1のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点

を含む速度点群を受信することと、

前記速度点群に含まれる少なくとも1つの点に関する少なくとも1つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正することと、

前記補正することにより補正された前記属性値に対して前記所定の時刻を示す補正時刻情報を付加して送信することと、

を含む、

信号処理方法。

[請求項12] アプリケーション部からの要求に応じて所定の機能を実行する実行部を備え、

前記実行部は、

第1のセンサから、それぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群を受信する受信部と、

前記速度点群に含まれる少なくとも1つの点に関する少なくとも1つの属性値を、所定の時刻における推定値に基づき補正する補正部と、

前記アプリケーション部からの前記要求を受け取るインタフェース部と、

を含み、

前記インタフェース部は、

前記要求に応じて、前記補正部により補正された前記速度点群を前記アプリケーション部に渡す、
情報処理装置。

[請求項13] 前記時刻情報は、前記第1のセンサにおいて前記複数の点それぞれが取得された時刻を示す、
請求項12に記載の情報処理装置。

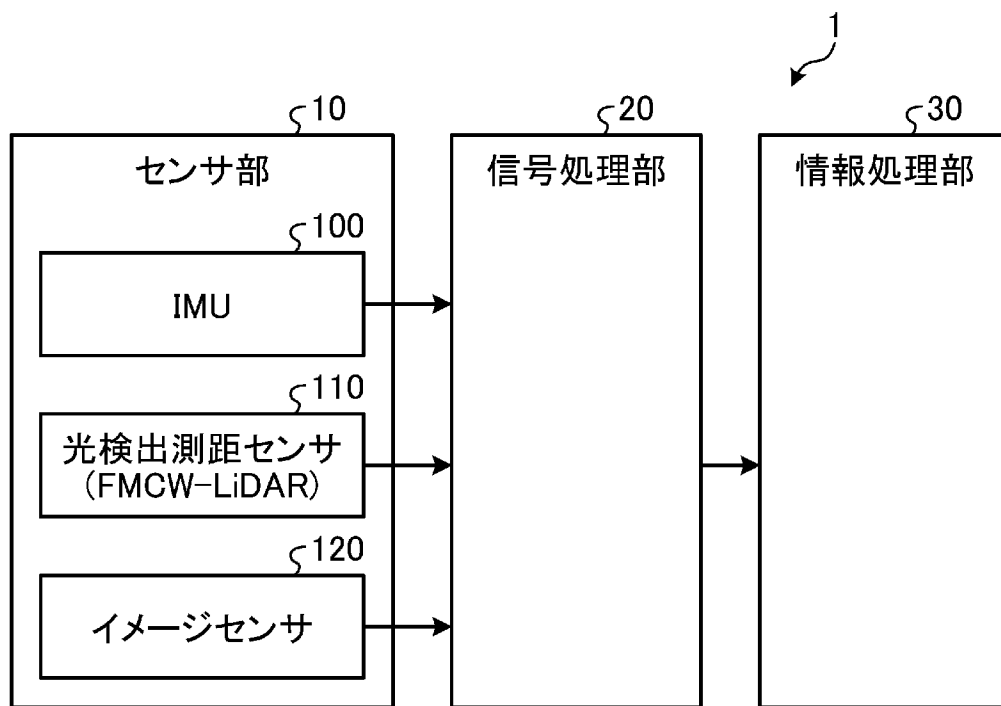
[請求項14] 前記所定の時刻は、前記第1のセンサによる検出動作のフレームごとに少なくとも1つが与えられる、
請求項12に記載の情報処理装置。

- [請求項15] 前記補正部は、
前記推定値を、前記速度情報と、前記時刻情報と、前記受信部により第2のセンサから受信された慣性計測データと、に基づき算出する、
請求項12に記載の情報処理装置。
- [請求項16] 前記補正部は、
少なくとも、動体による速度点群である動体速度点群を前記補正の対象とする、
請求項12に記載の情報処理装置。
- [請求項17] 所定の処理を実行するアプリケーション部と、
所定の機能を実行する実行部に対して前記所定の処理に係る要求を渡すインタフェース部と、
を備え、
前記アプリケーション部は、
前記要求に応じて前記実行部より渡された、前記実行部が第1のセンサから受信したそれぞれ速度情報と時刻情報とを持つ複数の点を含む速度点群に含まれる、少なくとも1つの点に関する少なくとも1つの属性値が所定の時刻における推定値に基づき補正された前記速度点群を、前記インタフェース部を介して受け取り、受け取った該速度点群に基づき、前記所定の処理を実行する、
情報処理装置。
- [請求項18] 前記アプリケーション部は、
それぞれ前記インタフェース部を介して受け取った、前記推定値に基づき補正された静止体による速度点群である静止体速度点群と、前記実行部が第2のセンサから受信した慣性計測データと、に基づき地図情報を生成する地図生成部、
を含む、
請求項17に記載の情報処理装置。

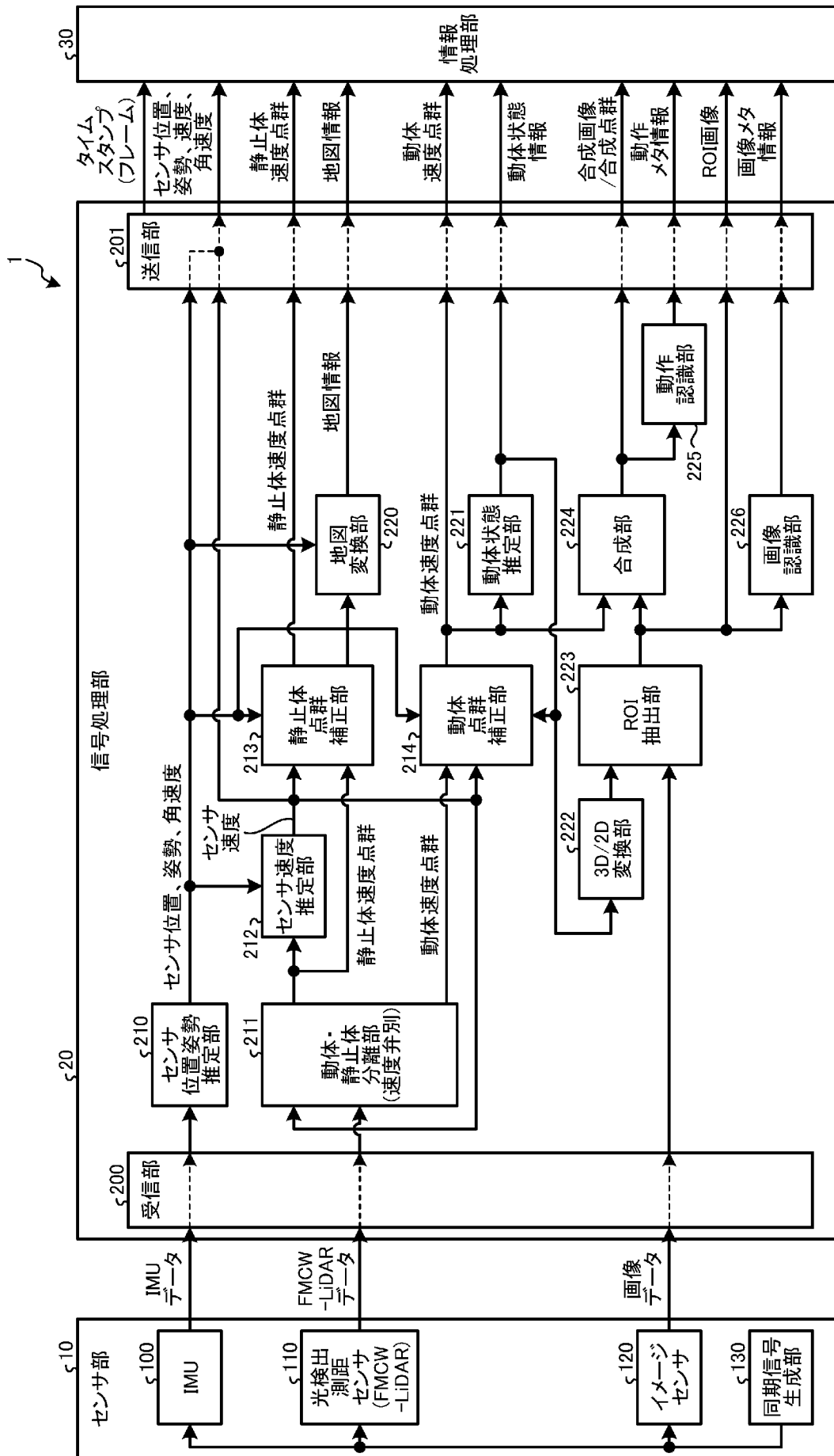
[請求項19] 前記アプリケーション部は、
前記インタフェース部を介して受け取った、前記実行部が第3のセンサから受信した画像データに対する注目領域を、前記インタフェース部を介して受け取った、前記推定値に基づき補正された動体による速度点群である動体速度点群に基づき推定される、前記動体が含まれる領域に基づき抽出する注目領域抽出部、
を含む、
請求項17に記載の情報処理装置。

[請求項20] 前記アプリケーション部は、
前記動体速度点群と、前記画像データのうち前記注目領域の画像データと、を合成した合成データに基づき前記動体の動作を認識する動作認識部、
を含む、
請求項19に記載の情報処理装置。

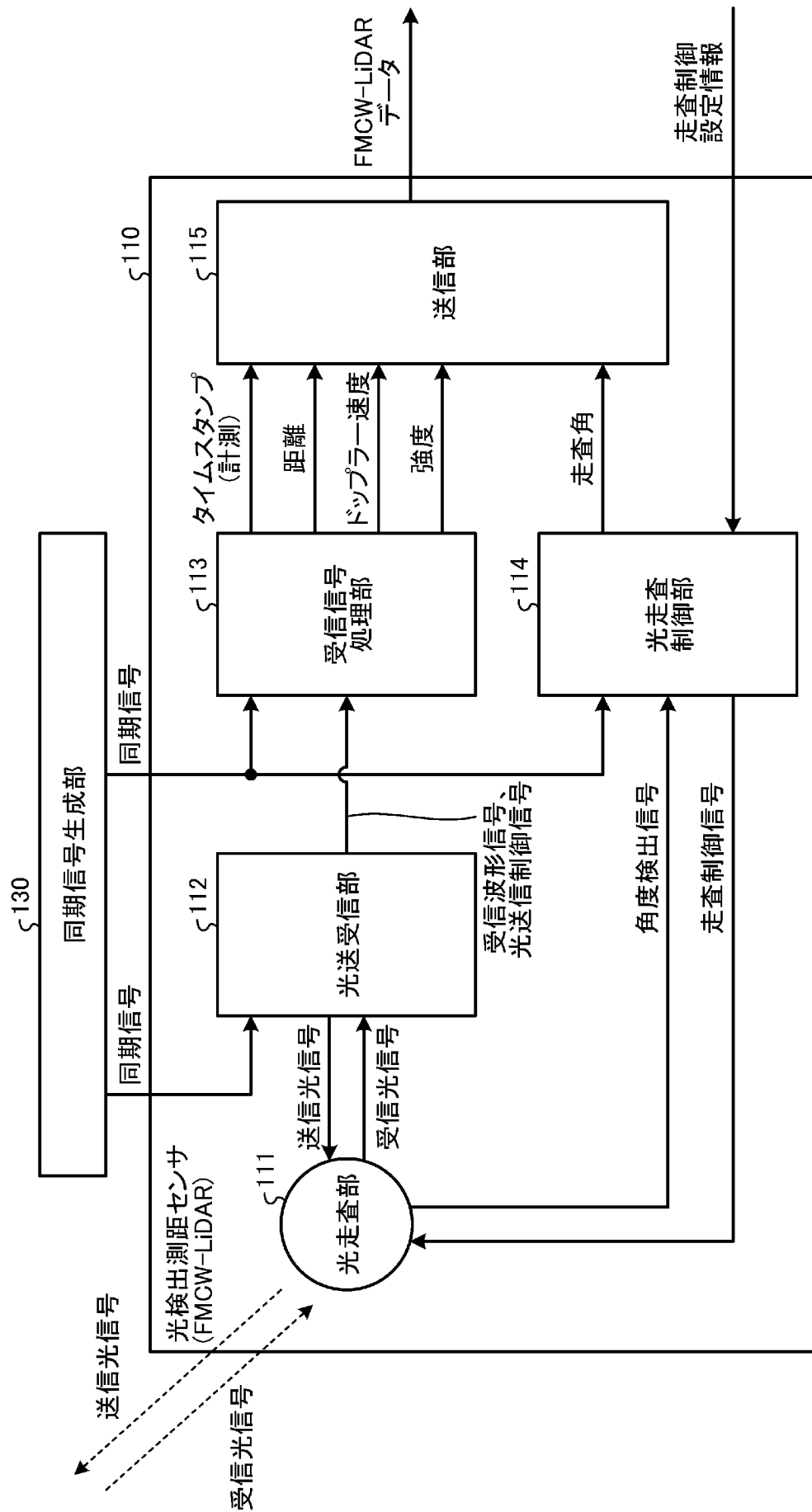
[図1]



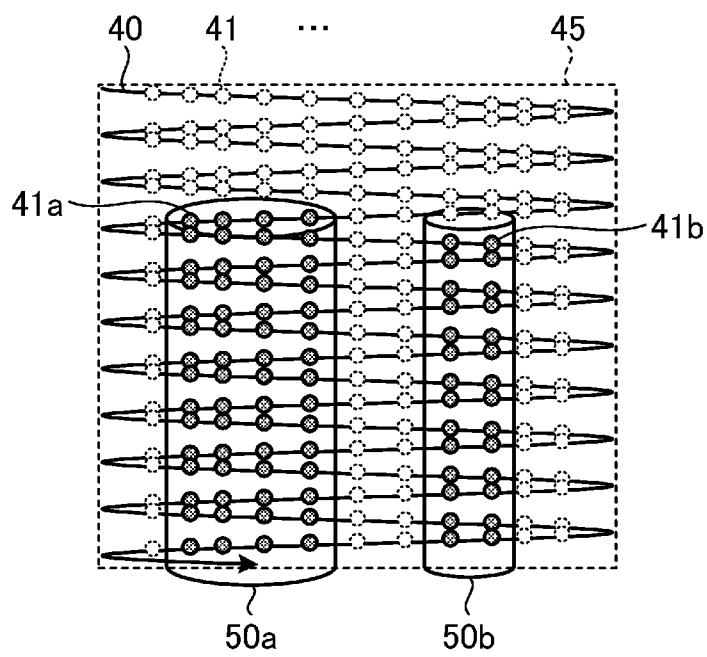
[図2]



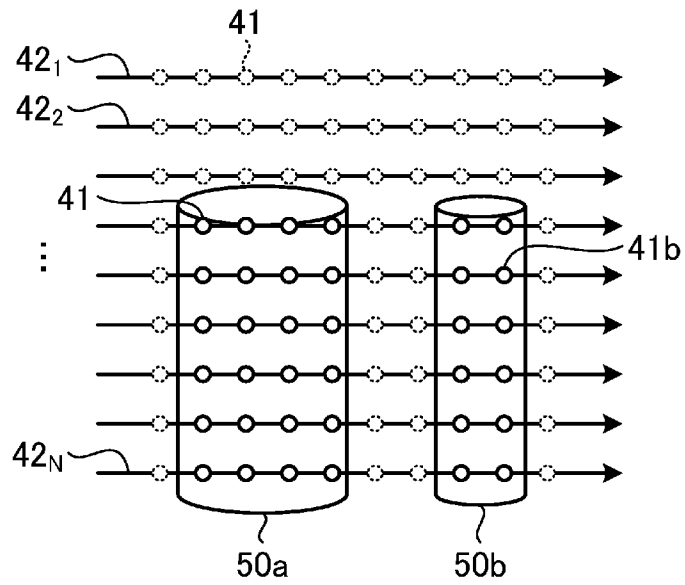
[図3]



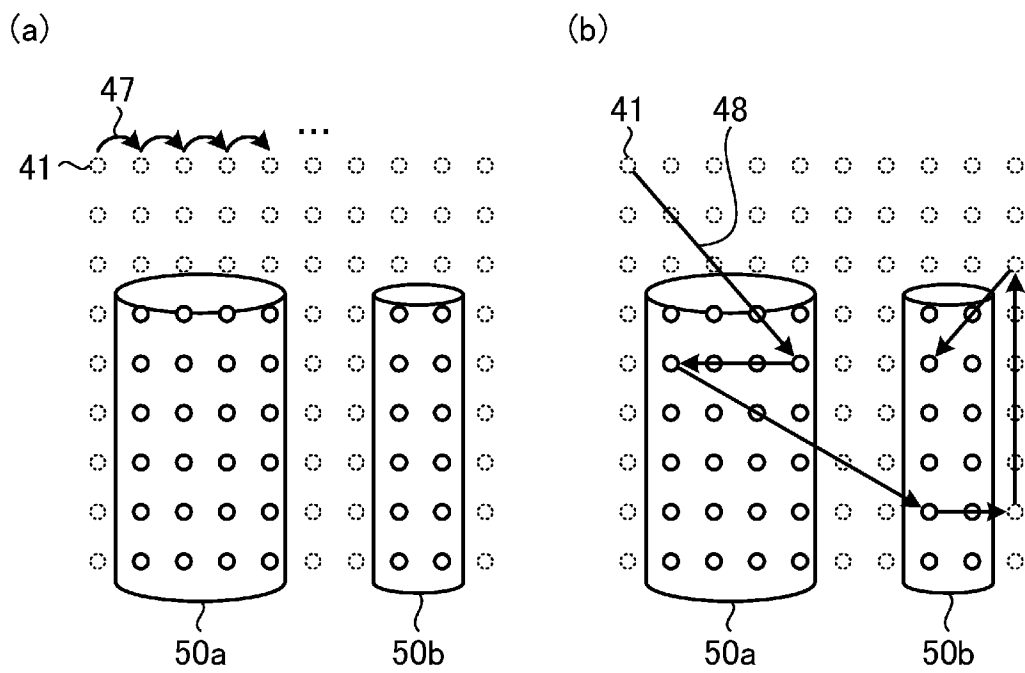
[図4]



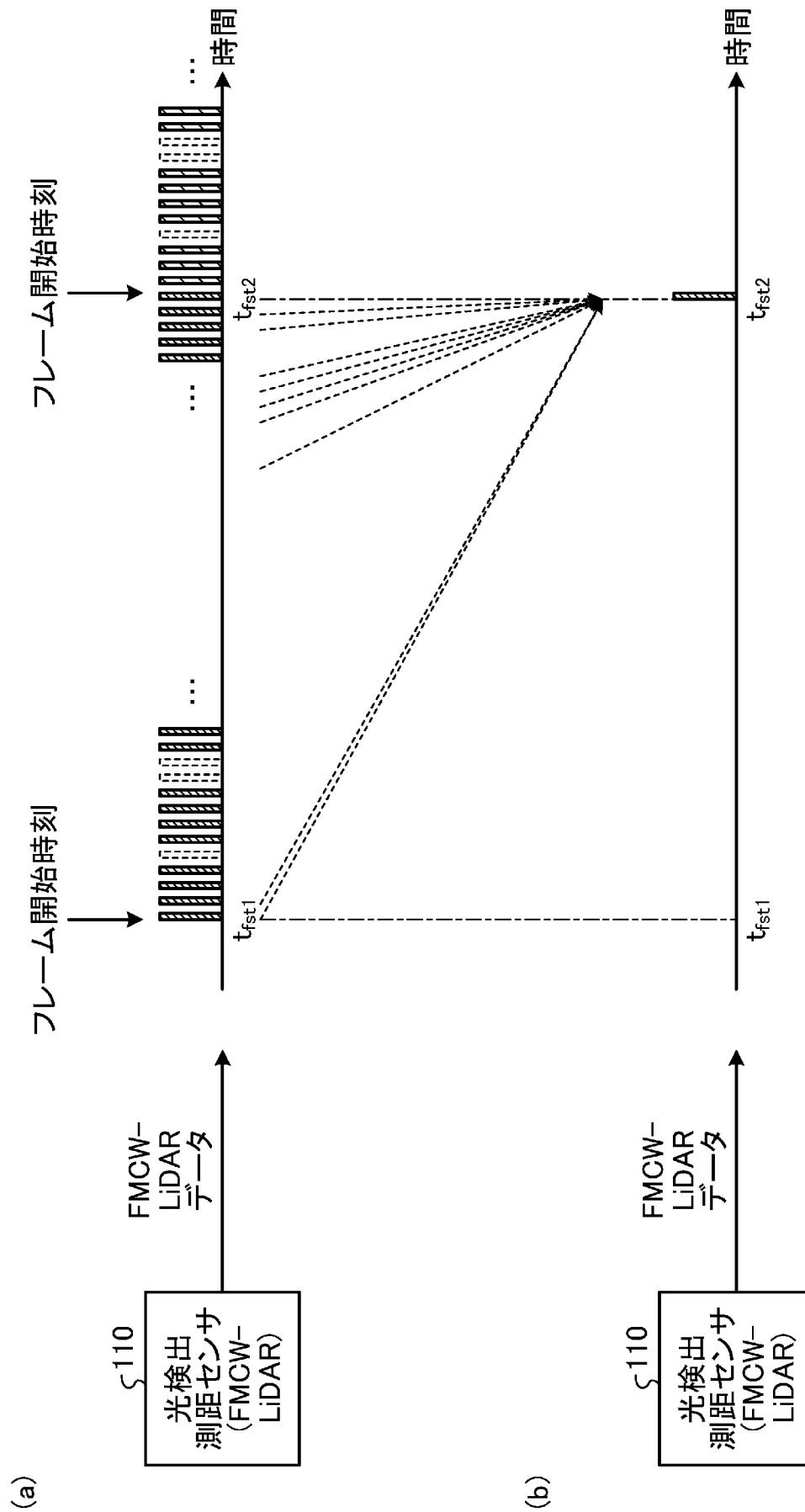
[図5A]



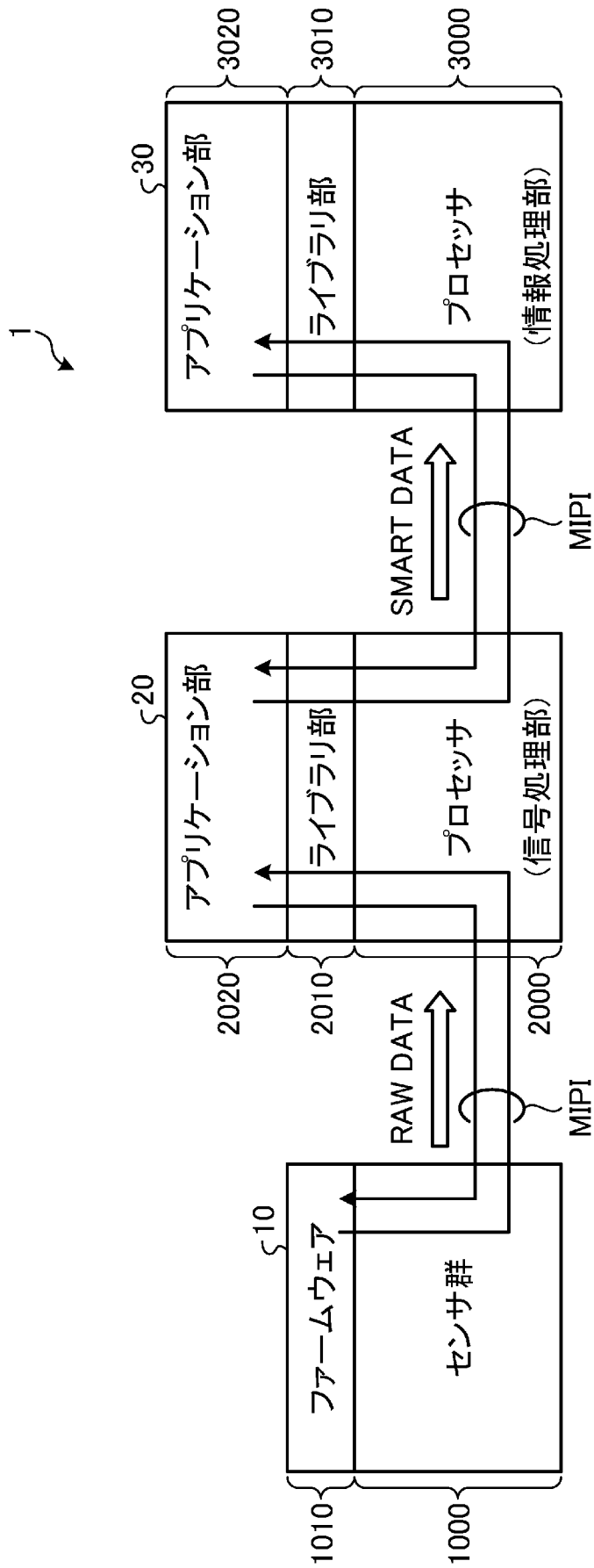
[図5B]



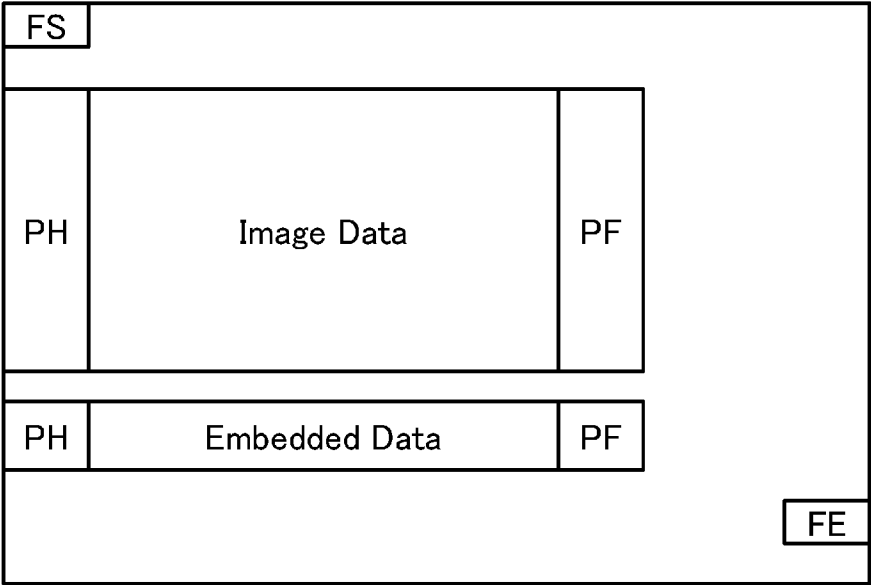
[図6]



[図7]

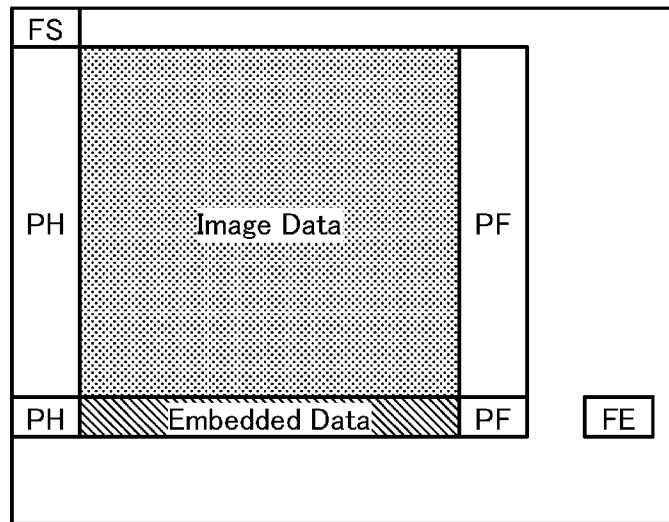


[図8]

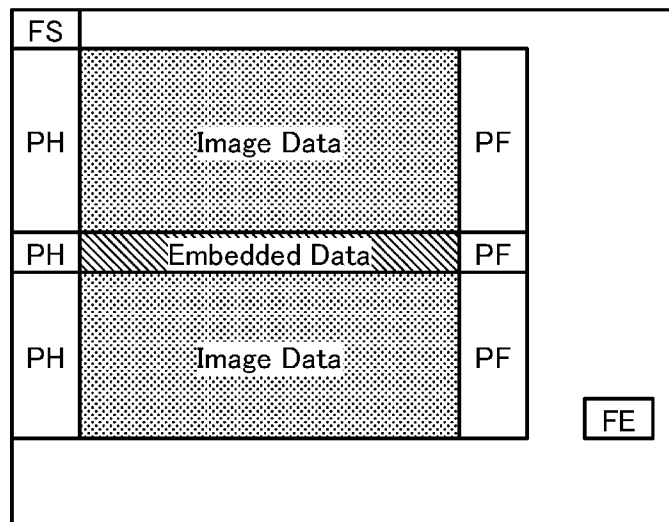


[図9]

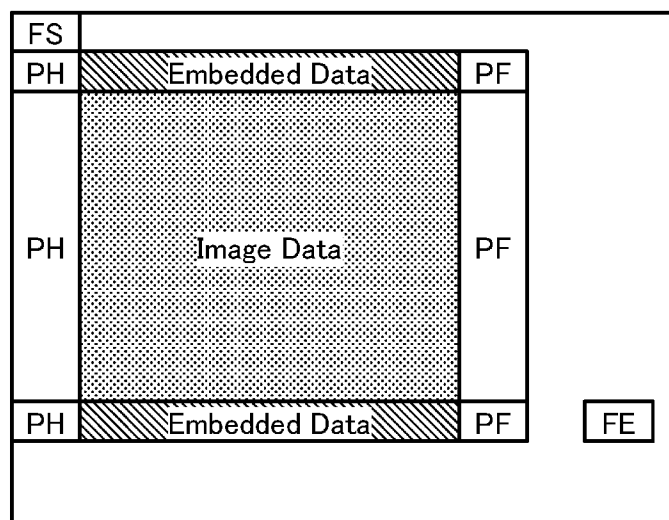
(a)



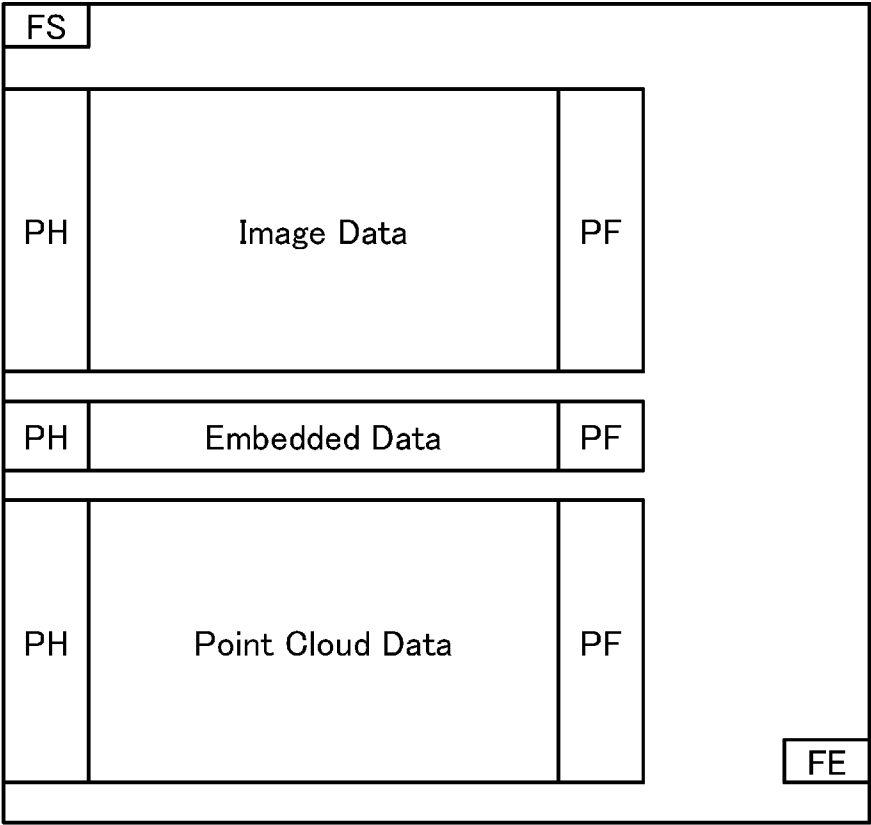
(b)



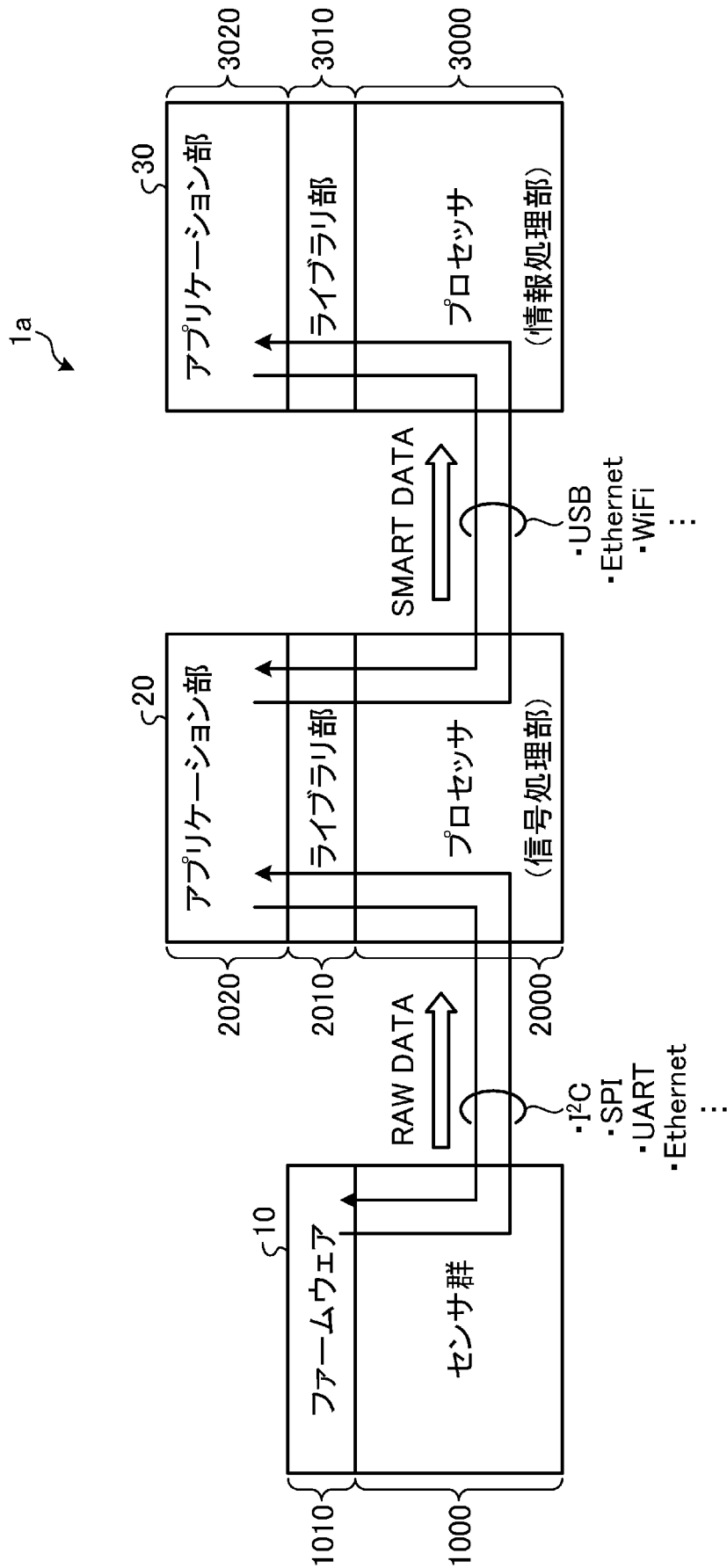
(c)



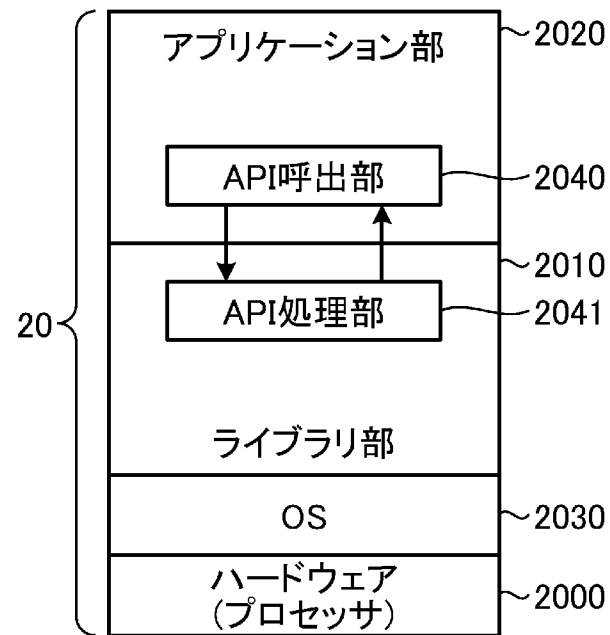
[図10]



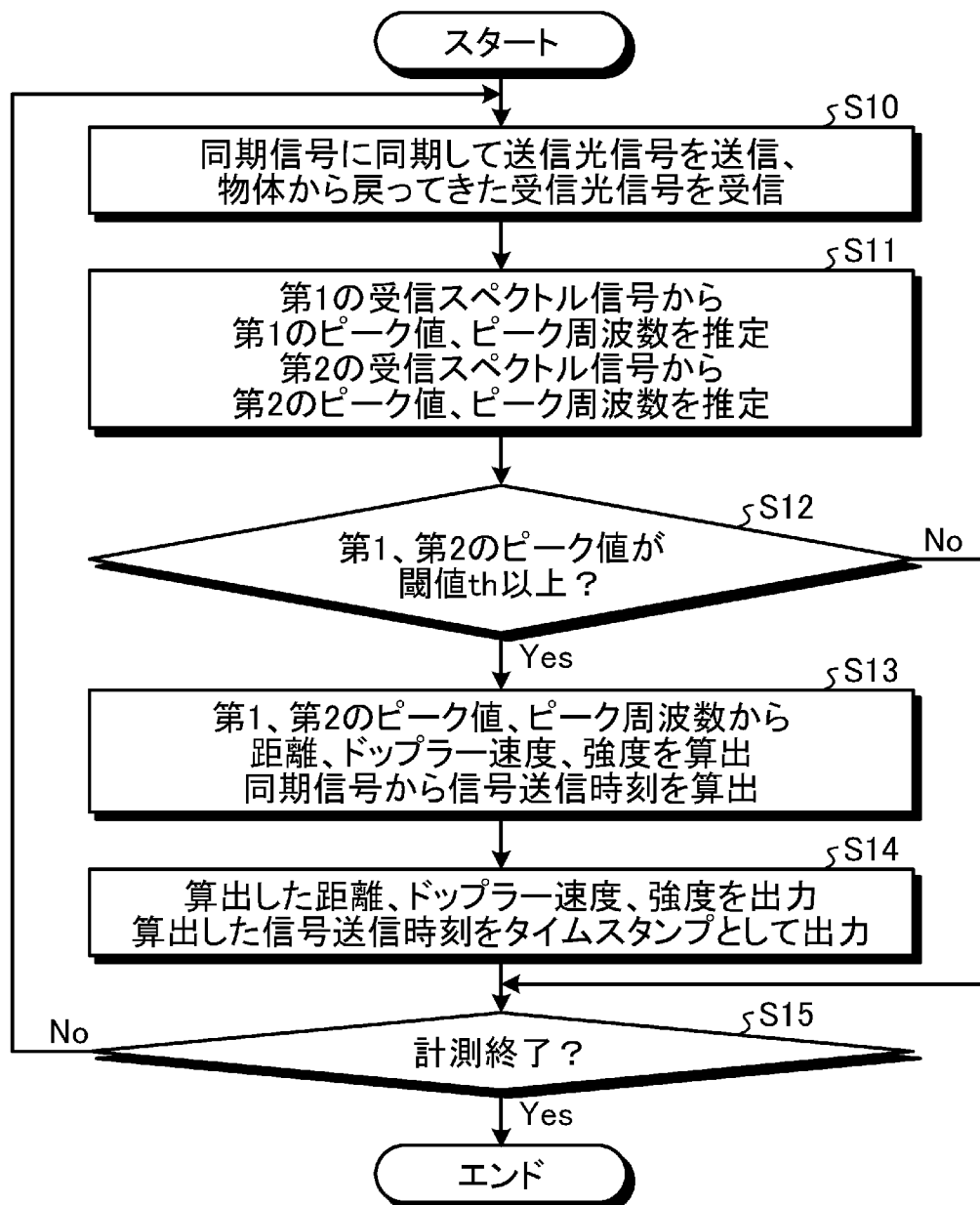
[図11]



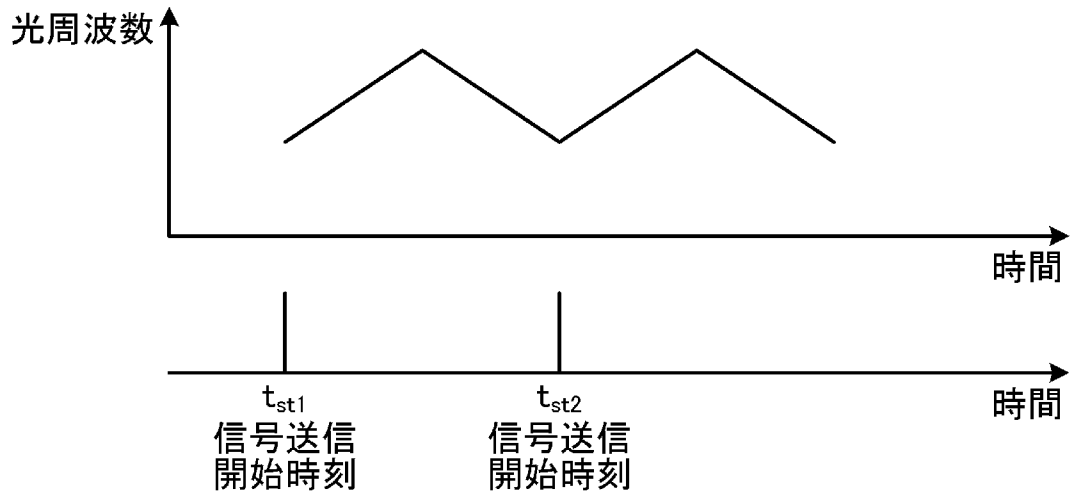
[図12]



[図13]

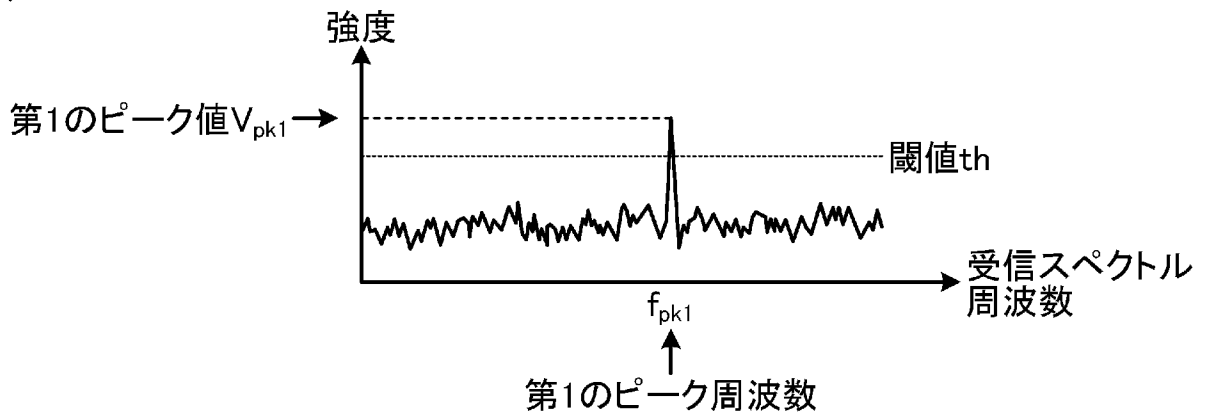


[図14]

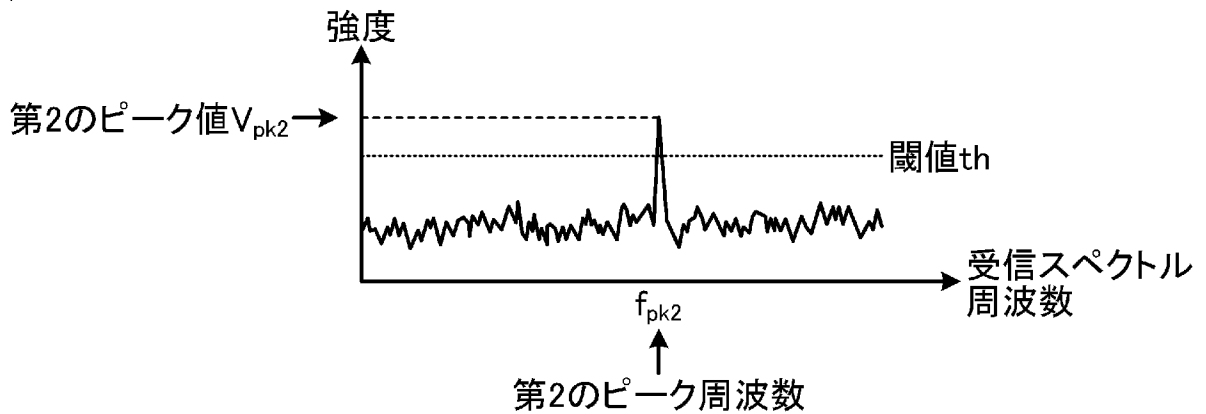


[図15]

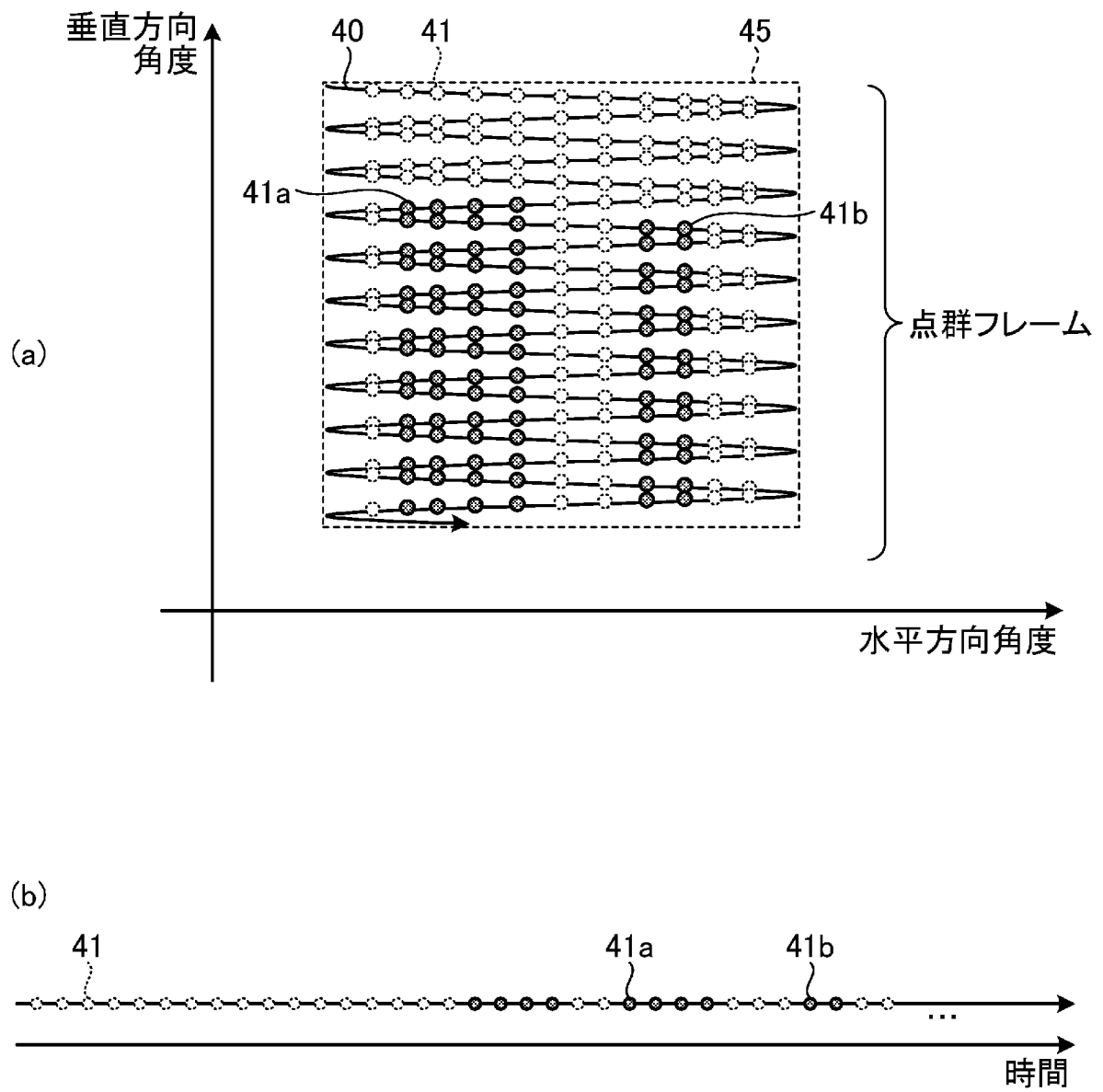
(a)



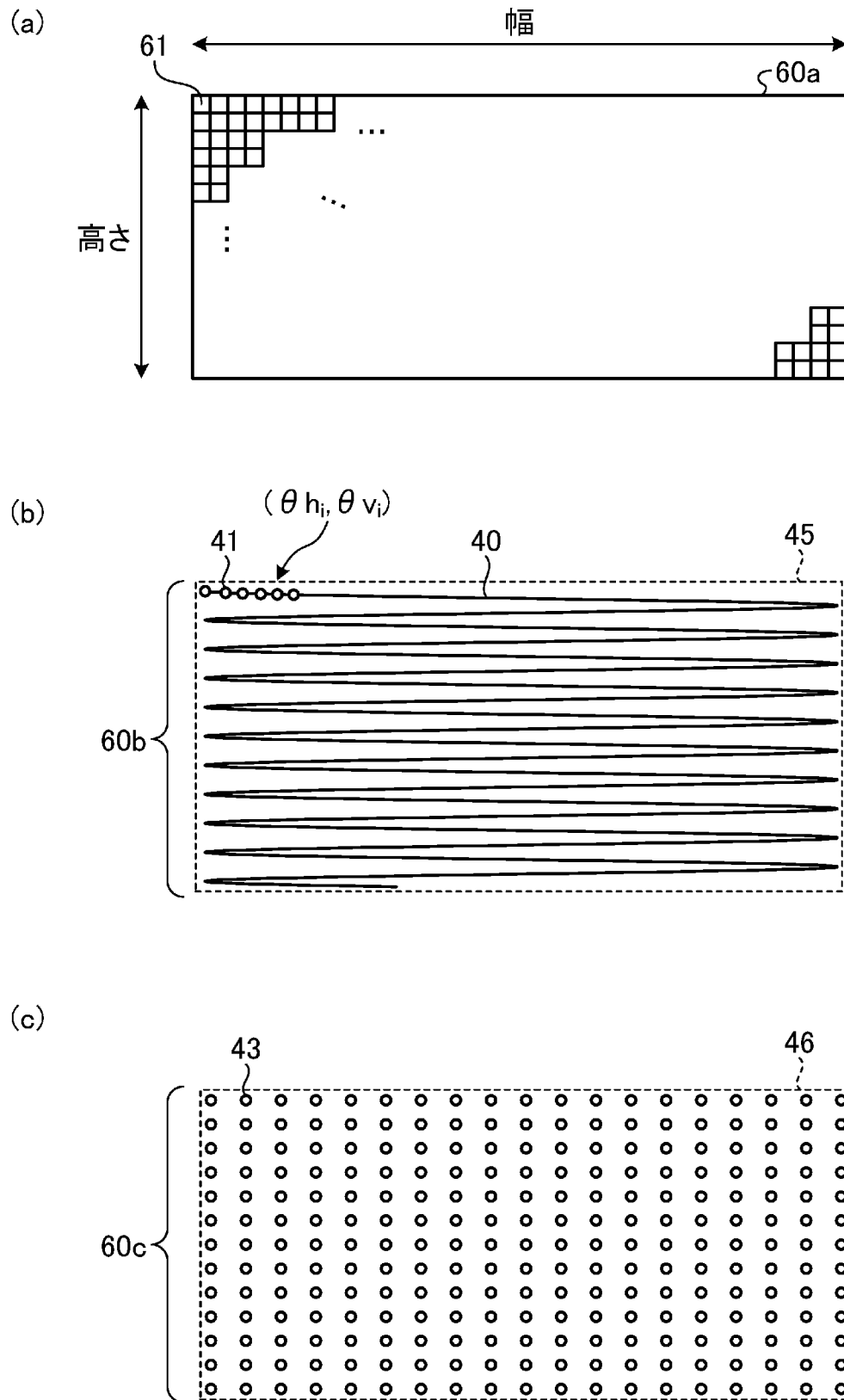
(b)



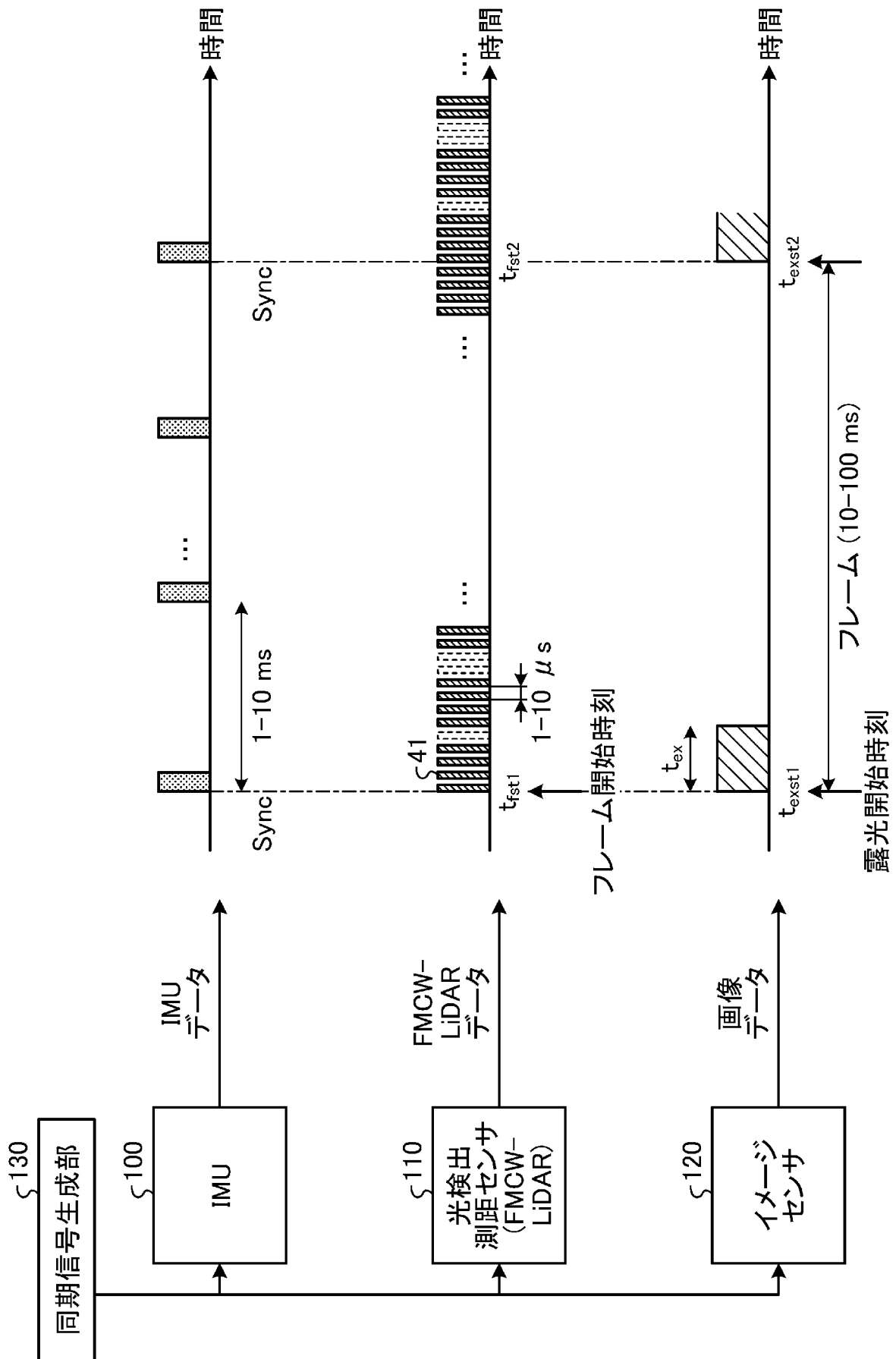
[図16]



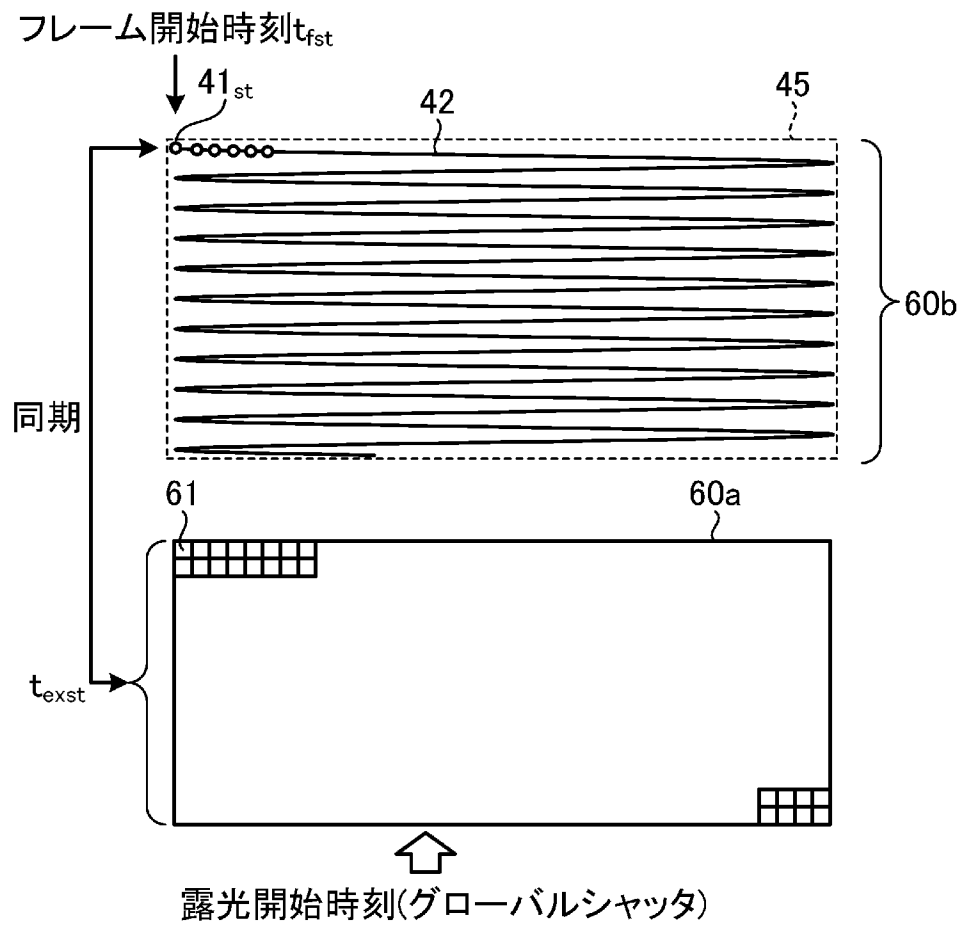
[図17]



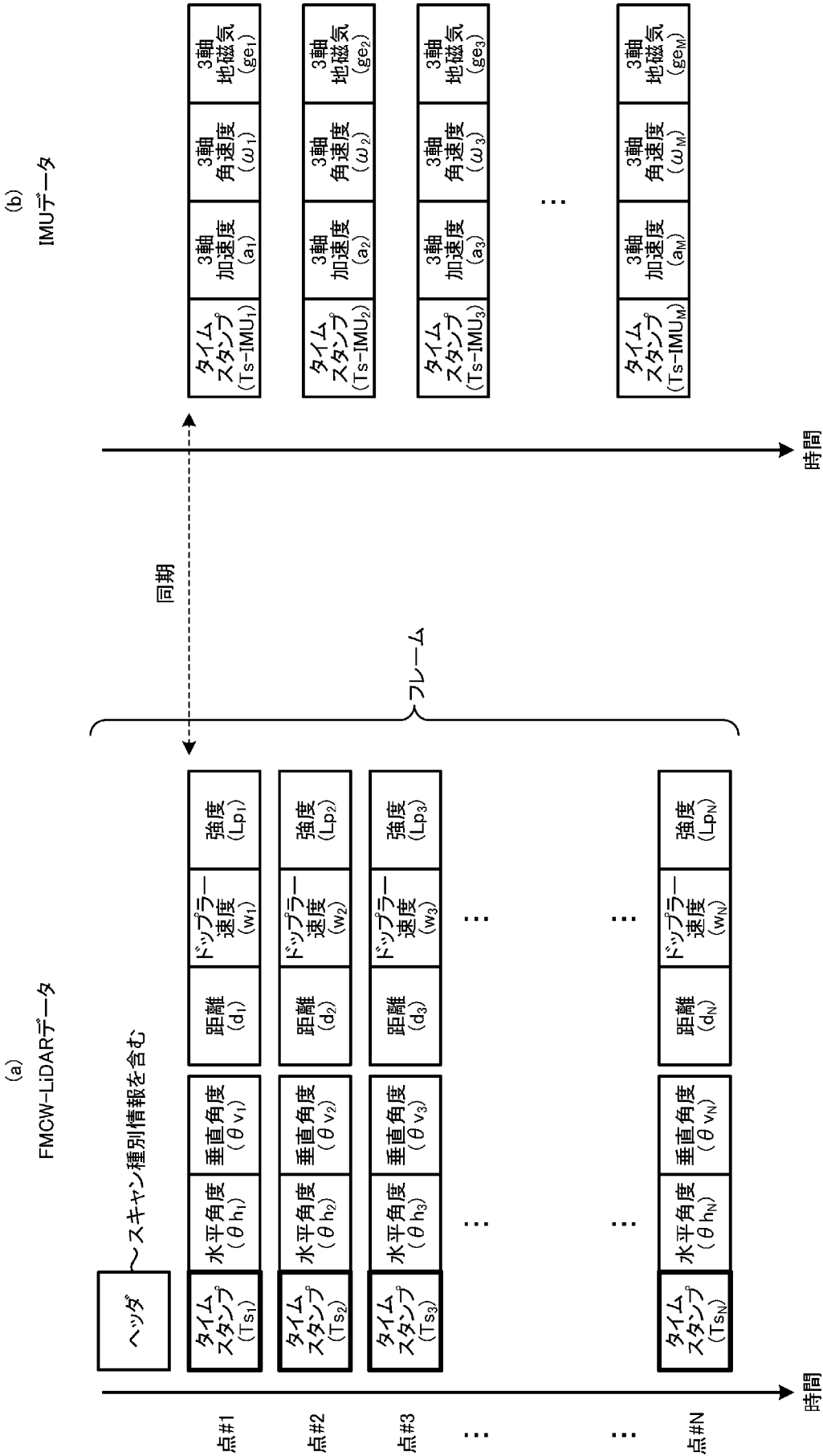
[図18A]



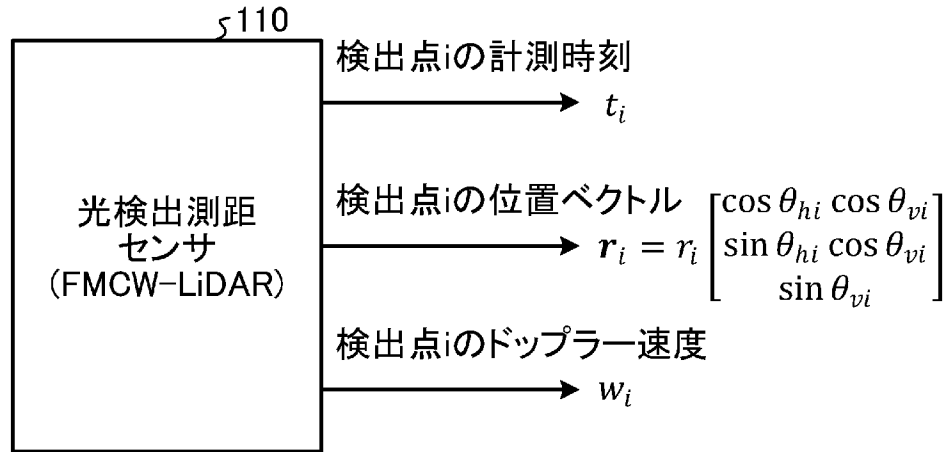
[図18B]



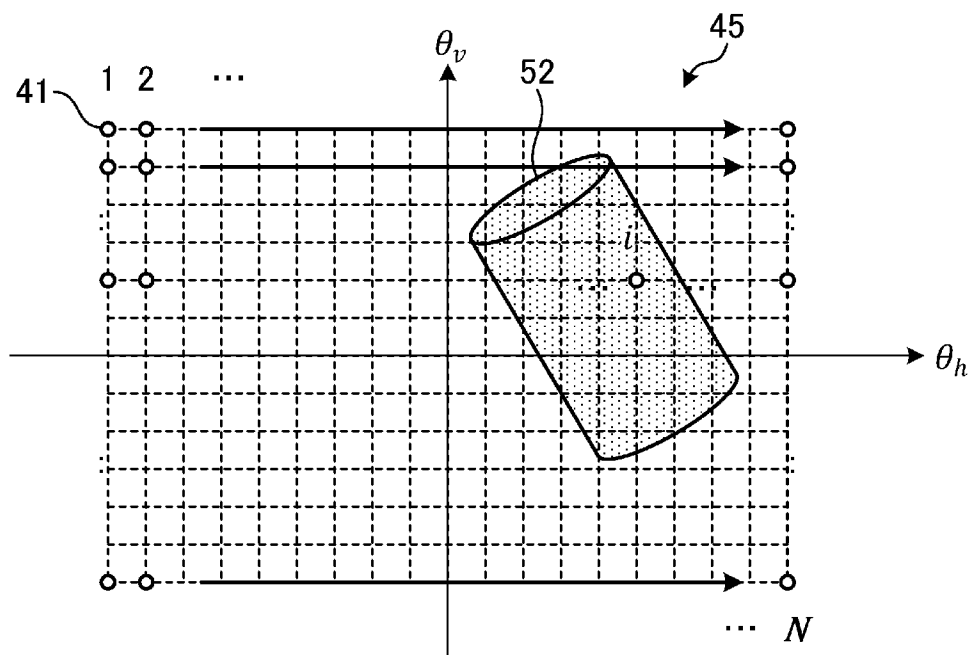
[図19]



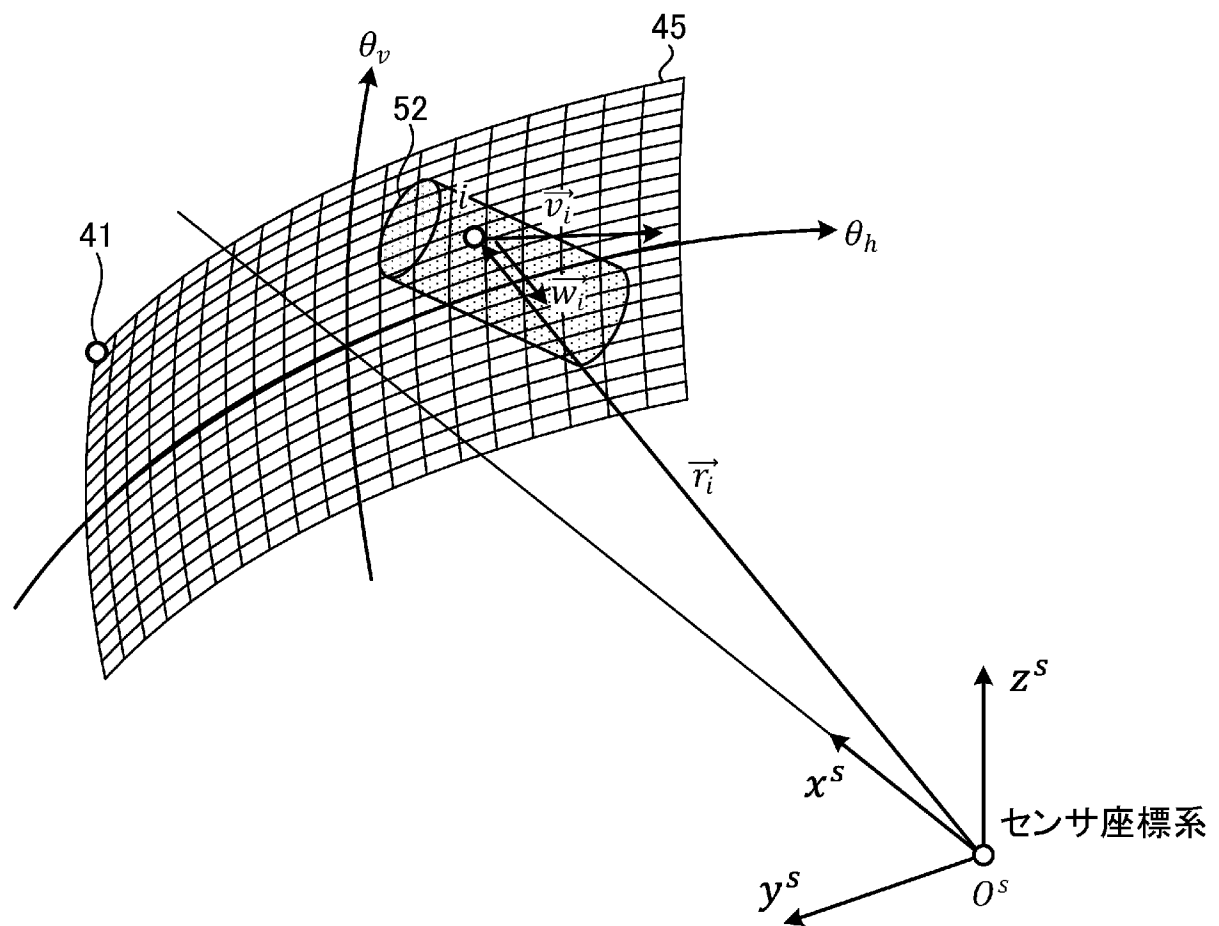
[図20]



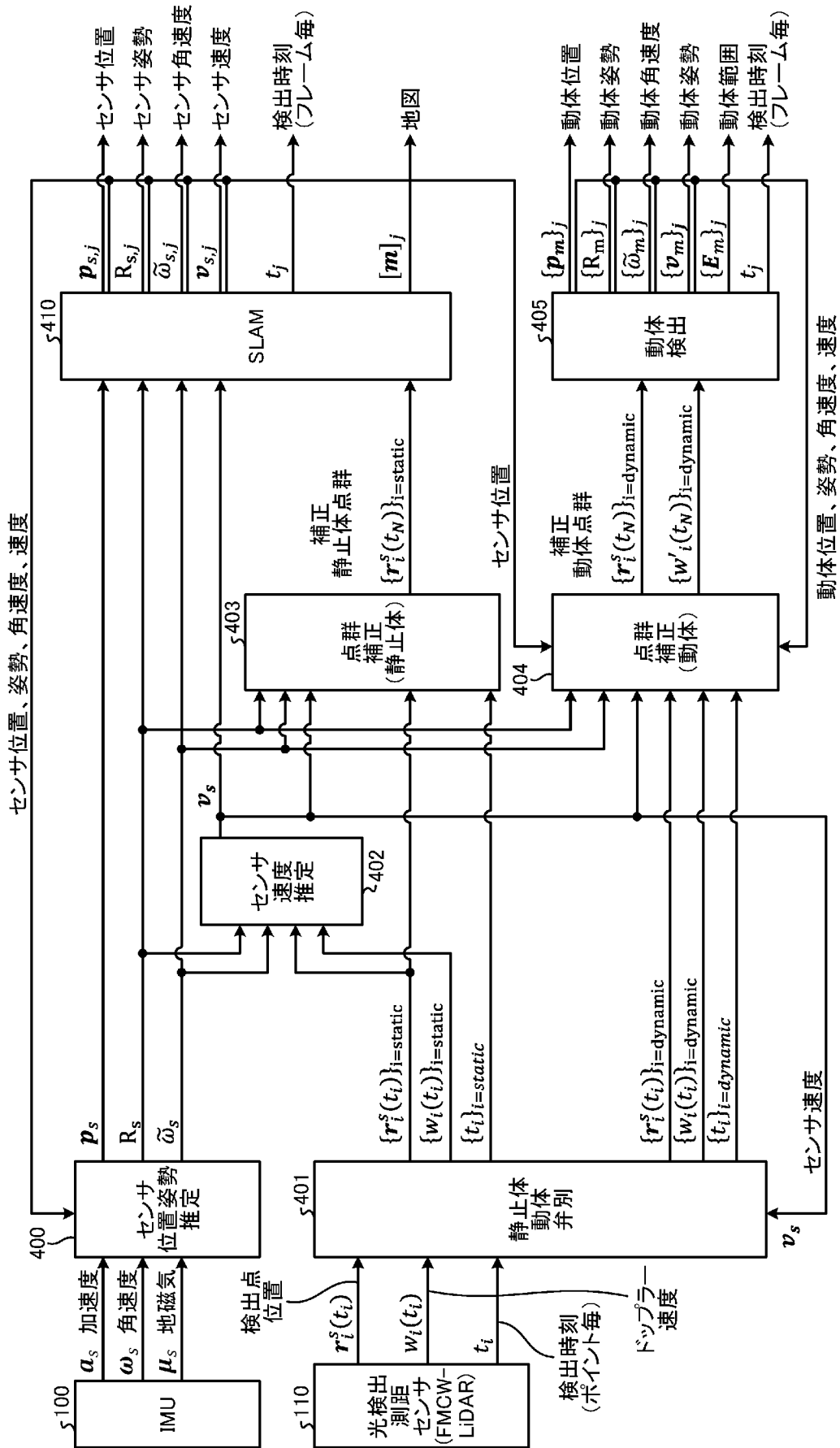
[図21]



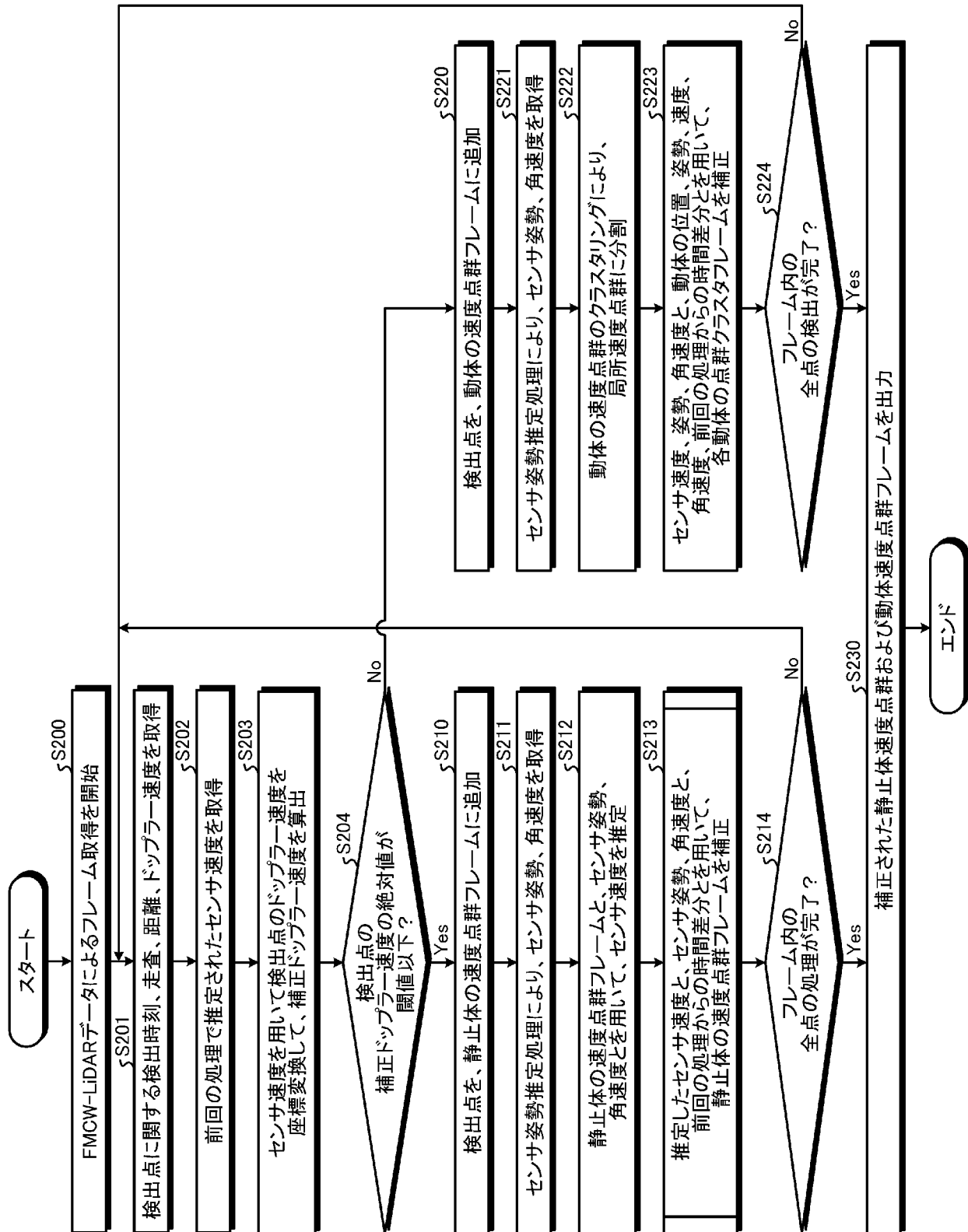
[図22]



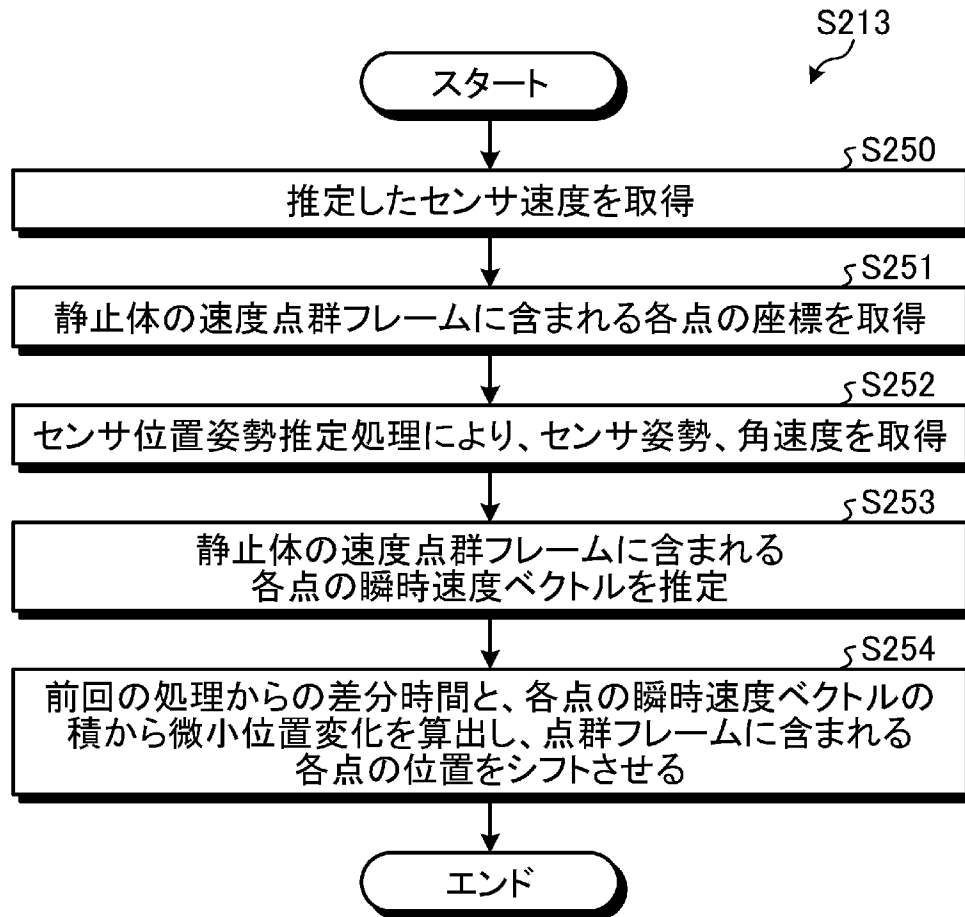
[図23]



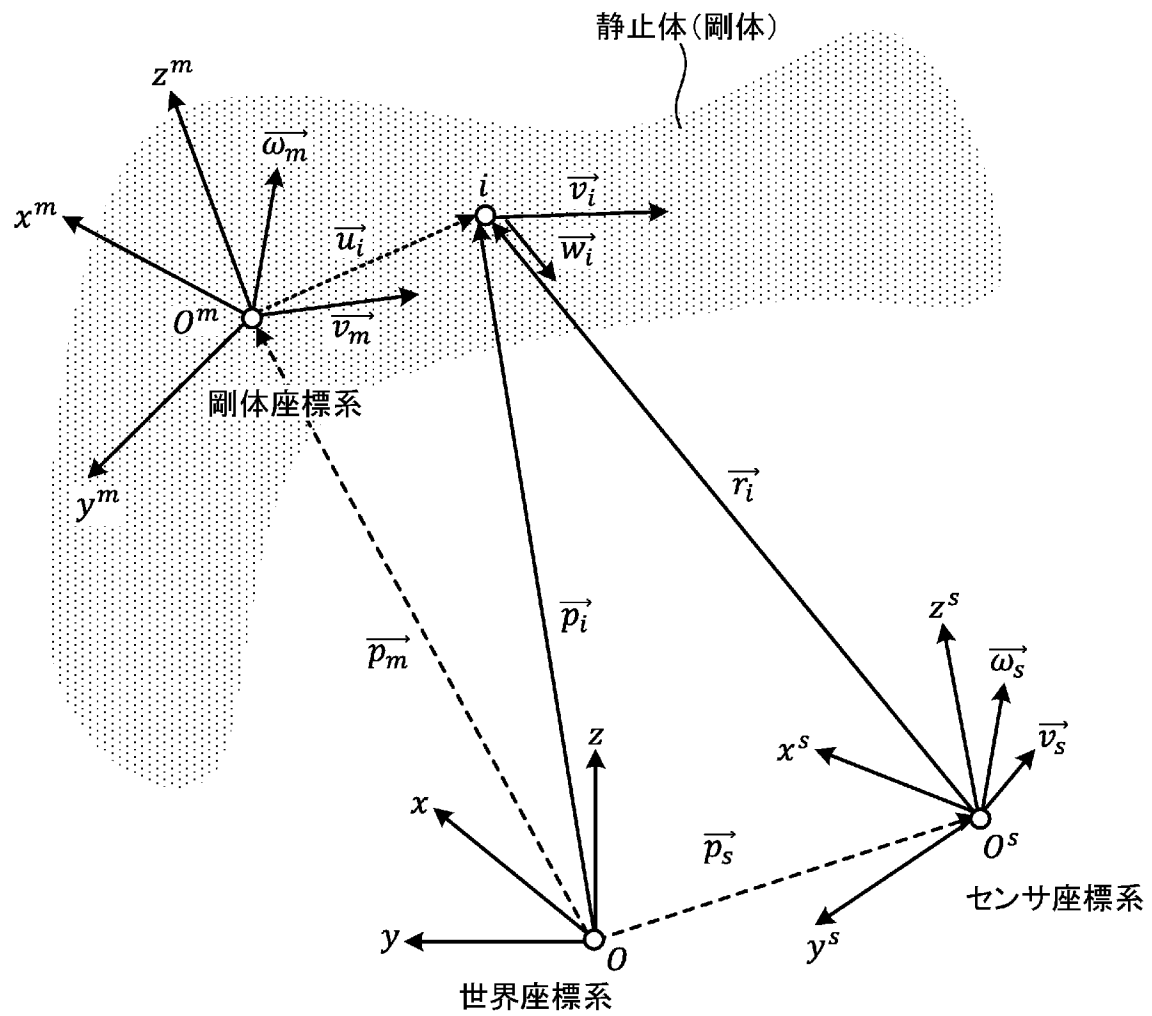
[図24]



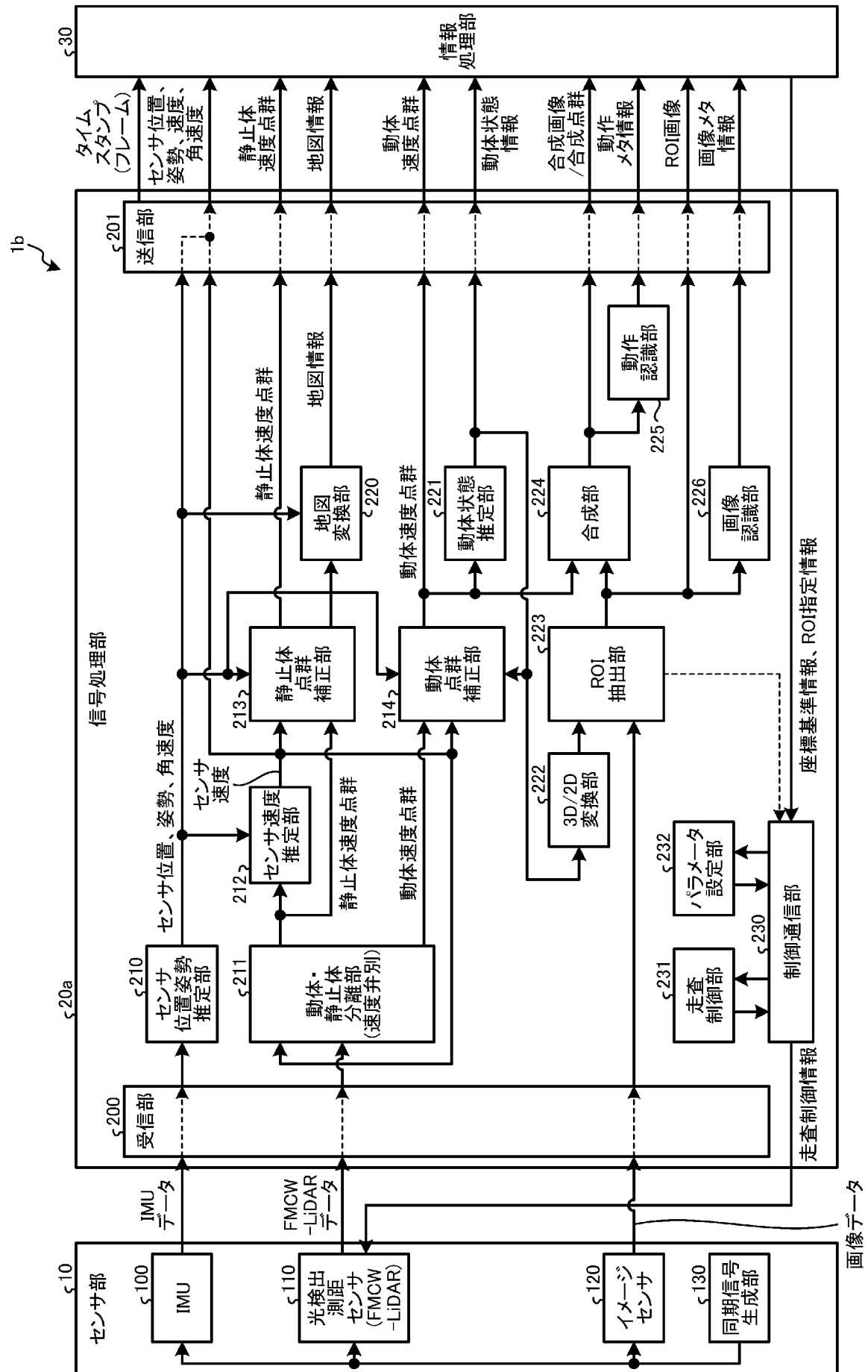
[図25]



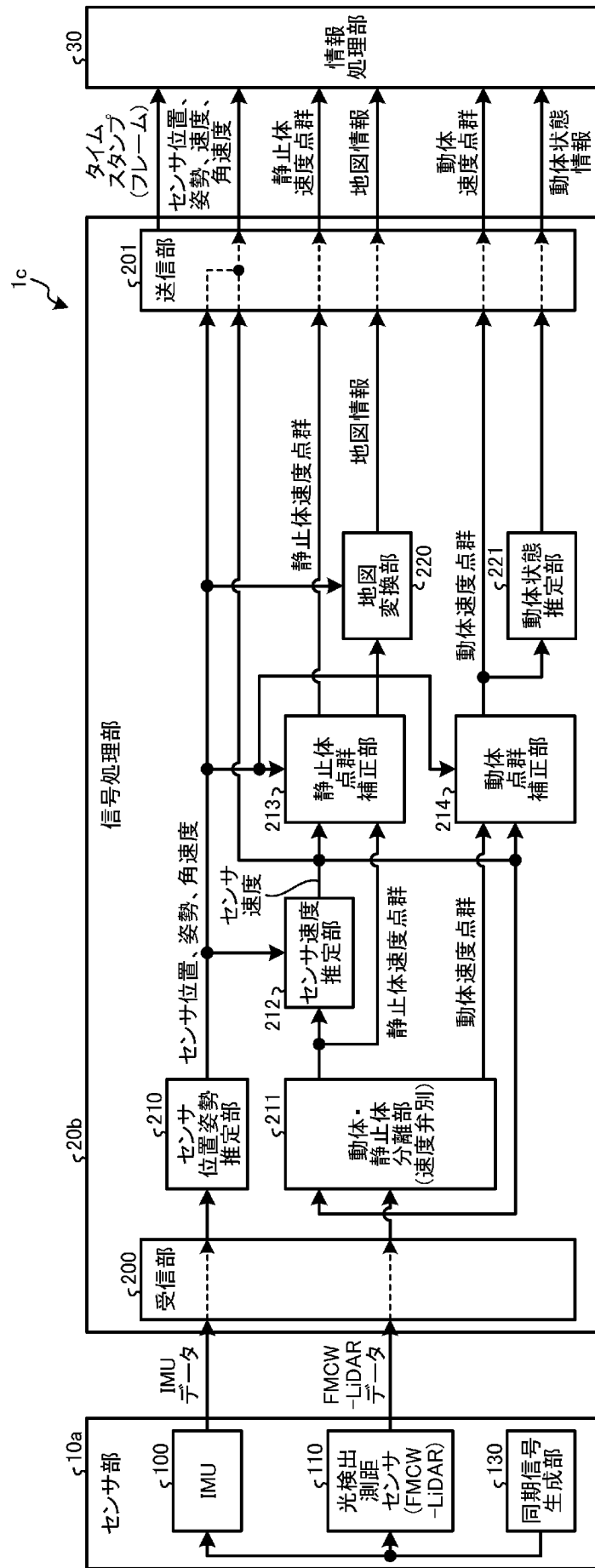
[図26]



[図27]



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/026725

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G01S 17/58**(2006.01)i; **G01C 3/06**(2006.01)i; **G01S 17/86**(2020.01)i; **G01S 17/89**(2020.01)i

FI: G01S17/58; G01C3/06 120Q; G01C3/06 140; G01S17/86; G01S17/89

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 - G01S7/51; G01S13/00 - G01S13/95; G01S17/00 - G01S17/95; G01C3/00 - G01C3/32

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 1971-2023

Registered utility model specifications of Japan 1996-2023

Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 2016-138878 A (DIGITAL SIGNAL CORP) 04 August 2016 (2016-08-04)	1-3, 5, 10-14, 16-17
A	paragraphs [0012]-[0087], fig. 1-11	4, 6-9, 15, 18-20
Y	JP 2022-510198 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 26 January 2022 (2022-01-26)	1-3, 5, 10-14, 16-17
A	paragraphs [0027], [0046], [0050], fig. 2	4, 6-9, 15, 18-20
A	WO 2022/123887 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 16 June 2022 (2022-06-16)	1-20
	entire text, all drawings	
A	US 2020/0292706 A1 (AEVA, INC.) 17 September 2020 (2020-09-17)	1-20
	entire text, all drawings	

☐ 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

05 September 2023

Date of mailing of the international search report

19 September 2023

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/JP2023/026725

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2016-138878	A	04 August 2016	US 2016/0196664 A1 paragraphs [0026]-[0110], fig. 1-11 CN 102378919 A	
JP	2022-510198	A	26 January 2022	US 2021/0286079 A1 paragraphs [0040], [0059], [0063], fig. 2 CN 110770600 A	
WO	2022/123887	A1	16 June 2022	CN 116472438 A entire text, all drawings	
US	2020/0292706	A1	17 September 2020	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01S 17/58(2006.01)i; G01C 3/06(2006.01)i; G01S 17/86(2020.01)i; G01S 17/89(2020.01)i FI: G01S17/58; G01C3/06 120Q; G01C3/06 140; G01S17/86; G01S17/89		
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 - G01S7/51; G01S13/00 - G01S13/95; G01S17/00 - G01S17/95; G01C3/00 - G01C3/32		
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 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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
Y A	JP 2016-138878 A（デジタル・シグナル・コーポレーション）04.08.2016（2016 - 08 - 04） 段落 [0012]-[0087], 図 1-11	1-3, 5, 10-14, 16-17 4, 6-9, 15, 18-20
Y A	JP 2022-510198 A（エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド）26.01.2022（2022 - 01 - 26） 段落 [0027], [0046], [0050], 図 2	1-3, 5, 10-14, 16-17 4, 6-9, 15, 18-20
A	WO 2022/123887 A1（パナソニック IPマネジメント株式会社）16.06.2022（2022 - 06 - 16） 全文, 全図	1-20
A	US 2020/0292706 A1（AEVA, INC.）17.09.2020（2020 - 09 - 17） 全文, 全図	1-20
☐ 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 05.09.2023	国際調査報告の発送日 19.09.2023	
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） 藤田 都志行 2M 3014 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/JP2023/026725

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2016-138878	A	04.08.2016	US 2016/0196664 A1 段落 [0026]-[0110], 図 1-11 CN 102378919 A	
JP	2022-510198	A	26.01.2022	US 2021/0286079 A1 段落 [0040], [0059], [0063], 図 2 CN 110770600 A	
WO	2022/123887	A1	16.06.2022	CN 116472438 A 全文, 全図	
US	2020/0292706	A1	17.09.2020	(ファミリーなし)	