

(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
2016年1月28日(28.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/013691 A1

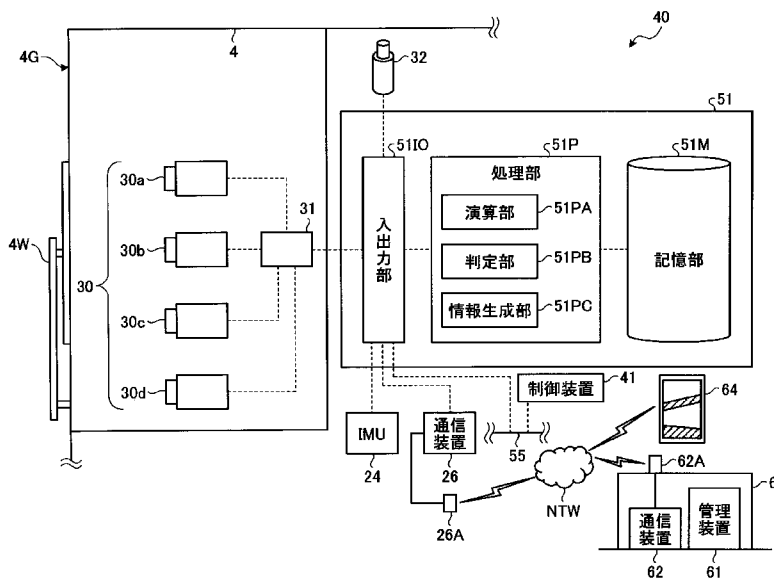
- (51) 国際特許分類:
E02F 9/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/079240
- (22) 国際出願日: 2015年10月15日(15.10.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所 (KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山口 博義 (YAMAGUCHI, Hiroyoshi); 〒
2548555 神奈川県平塚市四之宮3-25-1
株式会社小松製作所 開発本部内 Kanagawa (JP).
菅原 大樹 (SUGAWARA, Taiki); 〒2548555 神奈川
県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製
作所 開発本部内 Kanagawa (JP). 川本 駿
(KAWAMOTO, Shun); 〒2548555 神奈川県平塚市
四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 開
発本部内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 特許業務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, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR,
LS, 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,

[続葉有]

(54) Title: POSITION MEASURING SYSTEM AND POSITION MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 位置計測システム及び位置計測方法



(57) Abstract: This position measuring system comprises: at least a pair of imaging devices which are mounted to construction machinery; a processor which is provided to the construction machinery, and which executes stereo measurement using information of images of interest that are captured by a least a pair of imaging devices; and an assessment unit that assess the situation relating to imaging by the imaging device, on the basis of the execution results of stereo measurement.

(57) 要約: 位置計測システムは、作業機械に取り付けられた、少なくとも一対の撮像装置と、前記作業機械に設けられて、少なくとも一対の前記撮像装置によって撮像された対象の画像の情報を用いてステレオ計測を実行する演算部と、前記ステレオ計測の実行結果に基づいて、前記撮像装置の撮像に関わる状況を判定する判定部と、を含む。

- 26, 62 Communication device
41 Control device
51IO Input/output unit
51P Processing unit
51PA Processor
51PB Assessment unit
51PC Information generating unit
51M Storage unit
61 Management device



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).

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正を受理した際には再公開される。(規則48.2(h))

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 出願人の請求に基づく第 21 条(2)(a)による期間経過前の公開。

明 細 書

発明の名称： 位置計測システム及び位置計測方法

技術分野

[0001] 本発明は、位置計測システム及び位置計測方法に関する。

背景技術

[0002] ステレオカメラを有し、このステレオカメラによって対象の位置を検出する作業機械がある。特許文献1には、記憶部に記憶された施工計画データと、ステレオカメラの位置情報に基づき施工計画画像データを作成し、施工計画画像データとステレオカメラで撮像された現況画像データとを重畳させ、重畳させた合成画像を三次元表示装置に三次元表示させる技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-036243号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、ステレオカメラを構成する撮像装置が対象を撮像する場合、周辺の環境によってステレオカメラによる計測が影響を受けることがある。例えば、撮像装置の周辺の環境が雨又は雪等である場合、ステレオカメラによる計測が実現できなかつたり、計測の精度が低下したりする可能性がある。ステレオカメラを構成する撮像装置の撮像時における状況を把握することに関して、特許文献1には記載も示唆もなく、改善の余地がある。

[0005] 本発明は、ステレオカメラを構成する撮像装置の撮像時における状況を把握することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明は、作業機械に取り付けられた、少なくとも一対の撮像装置と、前記作業機械に設けられて、少なくとも一対の前記撮像装置によって撮像され

た対象の画像の情報をを用いてステレオ計測を実行する演算部と、前記ステレオ計測の実行結果に基づいて、前記撮像装置の撮像に関わる状況を判定する判定部と、を含む、位置計測システムである。

[0007] 前記演算部は、前記画像中の模様がある範囲についてステレオ計測を実行することが好ましい。

[0008] 前記判定部は、前記実行結果に基づいて、前記撮像装置と、前記撮像装置が撮像する対象との間の状態を判定することが好ましい。

[0009] 前記判定部は、前記実行結果に基づいて前記撮像装置の姿勢を判定することが好ましい。

[0010] 少なくとも一对の前記撮像装置は、光軸が上方を向いて設置されることが好ましい。

[0011] 前記判定部は、前記作業機械の外部の管理装置に設けられており、前記演算部は、前記管理装置に設けられた前記判定部に前記ステレオ計測の実行結果を出力することが好ましい。

[0012] 前記管理装置は、前記撮像に関わる状況の判定結果に基づいて対応内容を決定することが好ましい。

[0013] 前記判定部は、前記作業機械に設けられていることが好ましい。

[0014] 前記作業機械は、前記撮像に関わる状況の判定結果に基づいて対応内容を決定する制御部を有することが好ましい。

[0015] 本発明は、作業機械に取り付けられた少なくとも一对の撮像装置が対象を撮像し、少なくとも一对の前記撮像装置によって撮像された対象の画像の情報をを用いてステレオ計測を実行し、前記ステレオ計測の実行結果に基づいて前記撮像装置の撮像に関わる状況を判定する、位置計測方法である。

[0016] 前記撮像に関わる状況を判定した後、判定した結果を出力することが好ましい。

[0017] 前記撮像に関わる状況の判定結果に基づいて対応内容を決定することが好ましい。

[0018] 本発明は、ステレオカメラを構成する撮像装置の撮像時における状況を把

握することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、実施形態に係る撮像装置の制御システムを備えた油圧ショベルを示す斜視図である。

[図2]図2は、実施形態に係る油圧ショベルの運転席付近を示す斜視図である。

[図3]図3は、実施形態に係る位置計測システムを示す図である。

[図4]図4は、一対の撮像装置を用いて対象を三次元計測する例を説明する図である。

[図5]図5は、一対の撮像装置によって得られた一対の画像を示す図である。

[図6]図6は、一対の撮像装置によって得られた一対の画像を示す図である。

[図7]図7は、ステレオ率と撮像装置の周囲の状態との関係を示す図である。

[図8]図8は、ステレオ率と撮像装置の周囲の状態との関係を示す図である。

[図9]図9は、実施形態に係る位置計測方法の処理例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0020] 本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。

[0021] <油圧ショベルの全体構成>

図1は、実施形態に係る撮像装置の制御システムを備えた油圧ショベル1を示す斜視図である。図2は、実施形態に係る油圧ショベル1の運転席付近を示す斜視図である。作業機械である油圧ショベル1は、車体1B及び作業機2を有する。車体1Bは、旋回体3、運転室4及び走行体5を有する。旋回体3は、旋回中心軸Zrを中心として走行体5に旋回可能に取り付けられている。旋回体3は、油圧ポンプ及びエンジン等の装置を収容している。

[0022] 旋回体3は、作業機2が取り付けられて旋回する。旋回体3の上部には手すり9が取り付けられている。手すり9には、アンテナ21、22が取り付けられる。アンテナ21、22は、RTK-GNSS (Real Time Kinemat

ic - Global Navigation Satellite Systems、GNSSは全地球航法衛星システムをいう)用のアンテナである。アンテナ21, 22は、車体座標系(Xm, Ym, Zm)のYm軸の方向に沿って、一定距離だけ離れて配置されている。アンテナ21, 22は、GNSS電波を受信し、受信したGNSS電波に応じた信号を出力する。アンテナ21, 22は、GPS(Global Positioning System)用のアンテナであってもよい。

[0023] 運転室4は旋回体3の前部に載置されている。走行体5は、履帯5a, 5bを有している。履帯5a, 5bが回転することにより油圧ショベル1が走行する。

[0024] 作業機2は、車体1Bの前部に取り付けられており、ブーム6、アーム7、バケット8、ブームシリンダ10、アームシリンダ11及びバケットシリンダ12を有する。車体1Bの前部は、車体1BのカウンタウエイトWTとは反対側の部分である。実施形態において、車体1Bの前方は、図2に示される運転席4Sの背もたれ4SSから操作装置35に向かう方向側である。車体1Bの後方は、操作装置35から運転席4Sの背もたれ4SSに向かう方向側である。操作装置35は、作業機2及び旋回体3を操作するための装置であり、右側レバー35R及び左側レバー35Lを有する。

[0025] ブーム6の基端部は、ブームピン13を介して車体1Bの前部に回動可能に取り付けられている。すなわち、ブームピン13は、ブーム6の旋回体3に対する回動中心に相当する。アーム7の基端部は、アームピン14を介してブーム6の先端部に回動可能に取り付けられている。すなわち、アームピン14は、アーム7のブーム6に対する回動中心に相当する。アーム7の先端部には、バケットピン15を介してバケット8が回動可能に取り付けられている。すなわち、バケットピン15は、バケット8のアーム7に対する回動中心に相当する。

[0026] 図1に示されるブームシリンダ10、アームシリンダ11及びバケットシリンダ12は、それぞれ油圧によって駆動される油圧シリンダである。ブームシリンダ10は、油圧によって伸縮することによって、ブーム6を駆動す

る。アームシリンダ１１は、油圧によって伸縮することによって、アーム７を駆動する。バケットシリンダ１２は、油圧によって伸縮することによって、バケット８を駆動する。

[0027] バケット８は、複数の刃８Ｂを有する。複数の刃８Ｂは、バケット８の幅方向に沿って一列に並んでいる。バケット８の幅方向は、バケットピン１５が延びる方向と平行な方向である。刃８Ｂの先端は、刃先８Ｔである。バケット８は、作業具の一例である。作業具は、バケット８に限定されない。作業具は、例えば、単数の刃を有するチルトバケットであってもよいし、法面バケット又は削岩用のチップを備えた削岩用のアタッチメントであってもよいし、これら以外であってもよい。

[0028] 旋回体３は、位置検出装置２３と、姿勢検出装置の一例であるＩＭＵ（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）２４とを有する。位置検出装置２３は、アンテナ２１，２２からの信号が入力される。位置検出装置２３は、アンテナ２１，２２から取得した信号を用いて、グローバル座標系（ X_g ， Y_g ， Z_g ）におけるアンテナ２１，２２の現在位置及び旋回体３の方位を検出して、出力する。旋回体３の方位は、グローバル座標系における旋回体３の向きを表す。旋回体３の向きは、例えば、グローバル座標系の Z_g 軸周りにおける旋回体３の前後方向の向きで表すことができる。方位角は、旋回体３の前後方向における基準軸の、グローバル座標系の Z_g 軸周りにおける回転角である。方位角によって旋回体３の方位が表される。実施形態において、位置検出装置２３は、２個のアンテナ２１，２２の相対位置から方位角を算出する。

[0029] <撮像装置>

図２に示されるように、油圧ショベル１は、運転室４内に複数の撮像装置３０ａ，３０ｂ，３０ｃ，３０ｄを有する。複数の撮像装置３０ａ，３０ｂ，３０ｃ，３０ｄは、対象の形状を検出する検出装置の一例である。以下において、複数の撮像装置３０ａ，３０ｂ，３０ｃ，３０ｄを区別しない場合は適宜、撮像装置３０と称する。複数の撮像装置３０のうち撮像装置３０ａ

及び撮像装置 30c は、作業機 2 側に配置される。撮像装置 30 の種類は限定されないが、実施形態では、例えば、CCD (Couple Charged Device) イメージセンサ又は CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサを備えた撮像装置が用いられる。

[0030] 図 2 に示されるように、撮像装置 30a と撮像装置 30b とは所定の間隔において同じ方向又は異なる方向を向いて運転室 4 内に配置される。撮像装置 30c と撮像装置 30d とは所定の間隔において同じ方向又は異なる方向を向いて運転室 4 内に配置される。複数の撮像装置 30a, 30b, 30c, 30d は、2 個が組み合わされてステレオカメラを構成する。実施形態では、撮像装置 30a, 30b の組合せのステレオカメラ、及び撮像装置 30c, 30d の組合せのステレオカメラが構成される。実施形態において、撮像装置 30a 及び撮像装置 30b は上方を向いており、撮像装置 30c 及び撮像装置 30d は下方を向いている。少なくとも撮像装置 30a 及び撮像装置 30c は、油圧ショベル 1、実施形態では旋回体 3 の正面を向いている。撮像装置 30b 及び撮像装置 30d は、作業機 2 の方に若干向けられて、すなわち、撮像装置 30a 及び撮像装置 30c 側の方に若干向けられて配置されることもある。

[0031] 実施形態において、油圧ショベル 1 は、4 個の撮像装置 30 を有するが、油圧ショベル 1 が有する撮像装置 30 の数は少なくとも 2 個であればよく、4 個に限定されない。油圧ショベル 1 は、少なくとも一対の撮像装置 30 でステレオカメラを構成して、対象をステレオ撮影するからである。

[0032] 複数の撮像装置 30a, 30b, 30c, 30d は、運転室 4 内の前方かつ上方に配置される。上方とは、油圧ショベル 1 が有する履帯 5a, 5b の接地面と直交し、かつ接地面から離れる方向側である。履帯 5a, 5b の接地面は、履帯 5a, 5b のうち少なくとも一方が接地する部分の、同一直線上には存在しない少なくとも 3 点で規定される平面である。下方は、上方とは反対方向側、すなわち履帯 5a, 5b の接地面と直交し、かつ接地面に向かう方向側である。

- [0033] 複数の撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d は、油圧ショベル 1 の車体 1 B の前方に存在する対象をステレオ撮影する。対象は、例えば、油圧ショベル 1、油圧ショベル 1 以外の作業機械及び施工現場で作業する作業者の少なくとも 1 つによって施工される施工対象である。複数の撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d は、油圧ショベル 1 の所定の位置、実施形態では運転室 4 内の前方かつ上方から対象を検出する。実施形態において、少なくとも一对の撮像装置 30 によるステレオ撮影の結果を用いて、対象が三次元計測される。複数の撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d が配置される場所は、運転室 4 内の前方かつ上方に限定されるものではない。
- [0034] 複数の撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d のうち、例えば、撮像装置 30 c をこれらの基準とする。複数の撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d は、それぞれ座標系を有する。これらの座標系を適宜、撮像装置座標系と称する。図 2 では、基準となる撮像装置 30 c の座標系 (X_s , Y_s , Z_s) のみを示している。撮像装置座標系の原点は、各撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d の中心である。
- [0035] 実施形態において、各撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d の撮像範囲は、油圧ショベル 1 の作業機 2 が施工できる範囲よりも大きい。このようにすることで、各撮像装置 30 a, 30 b, 30 c, 30 d は、作業機 2 が施工できる範囲の対象を確実にステレオ撮影することができる。
- [0036] 前述した車体座標系 (X_m , Y_m , Z_m) は、車体 1 B、実施形態では車体 1 B の一部である旋回体 3 に固定された原点を基準とする座標系である。実施形態において、車体座標系 (X_m , Y_m , Z_m) の原点は、例えば、旋回体 3 のスイングサークルの中心である。スイングサークルの中心は、旋回体 3 の旋回中心軸 Z_r 上に存在する。車体座標系 (X_m , Y_m , Z_m) の Z_m 軸は旋回体 3 の旋回中心軸 Z_r となる軸であり、 X_m 軸は旋回体 3 の前後方向に延び、かつ Z_m 軸と直交する軸である。 X_m 軸は、旋回体 3 の前後方向における基準軸である。 Y_m 軸は、 Z_m 軸及び X_m 軸と直交する、旋回体 3 の幅方向に延びる軸である。前述したグローバル座標系 (X_g , Y_g , Z

g) は、G N S S によって計測される座標系であり、地球に固定された原点を基準とした座標系である。

[0037] 車体座標系は、実施形態の例には限定されない。車体座標系は、例えば、ブームピン 1 3 の中心を車体座標系の原点としてもよい。ブームピン 1 3 の中心とは、ブームピン 1 3 が延びる方向と直交する平面でブームピン 1 3 を切った時の断面の中心、かつブームピン 1 3 が延びる方向における中心である。

[0038] <位置計測システム>

図 3 は、実施形態に係る位置計測システム 4 0 を示す図である。位置計測システム 4 0 は、複数の撮像装置 3 0 a, 3 0 b, 3 0 c, 3 0 d と、検出処理装置 5 1 とを含む。これらは、図 1 及び図 2 に示される油圧ショベル 1 の車体 1 B に備えられている。複数の撮像装置 3 0 a, 3 0 b, 3 0 c, 3 0 d は、運転室 4 内に設置されて、フロントガラス 4 G を通して運転室 4 の外部の対象を撮像する。実施形態において、油圧ショベル 1 は、フロントガラス 4 G を清掃するためのワイパ 4 W を有している。

[0039] 実施形態において、位置計測システム 4 0 は、さらに制御装置 4 1 及び管理施設 6 0 に設けられた管理装置 6 1 を含んでもよい。管理装置 6 1 は、油圧ショベル 1 の外部の管理施設 6 0 に設けられた装置である。管理装置 6 1 は、例えば、油圧ショベル 1 が施工する施工現場の施工状況を管理したり、油圧ショベル 1 の状態を管理したりする。実施形態において、管理装置 6 1 は、プロセッサとメモリとを有するコンピュータであるが、専用のハードウェアで構成されていてもよい。検出処理装置 5 1 と管理装置 6 1 とは、通信回線 N T W を介して通信する。通信回線 N T W は、無線通信でも有線通信でもよい。実施形態では、通信回線 N T W が無線通信であるものとして説明する。

[0040] 検出処理装置 5 1 は、処理部 5 1 P と、記憶部 5 1 M と、入出力部 5 1 I O とを有する。処理部 5 1 P は、例えば、C P U (Central Processing Unit) のようなプロセッサ及びメモリによって実現される。処理部 5 1 P は、

演算部 51 P A、判定部 51 P B 及び情報生成部 51 P C を有する。検出処理装置 51 は、少なくとも一对の撮像装置 30 によって撮像された対象の画像の情報を用いてステレオ計測を実行する。ステレオ計測により、少なくとも一对の撮像装置 30 によって撮像された対象の一对の画像の情報から対象の位置、実施形態では三次元座標系における対象の座標が求められる。このように、検出処理装置 51 は、同一の対象を少なくとも一对の撮像装置 30 で撮像することによって得られた一对の画像を用いて、対象の位置を三次元計測することができる。なお、処理部 51 P が管理装置 61 に設けられていてもよい。この場合、少なくとも一对の撮像装置 30 によって撮像された一对の画像が通信装置 26 を介して管理施設 60 に送信される。また、処理部 51 P のうち、演算部 51 P A 及び判定部 51 P B のみ、又は判定部 51 P B のみが管理装置 61 に設けられていてもよい。

[0041] ステレオ計測、すなわちステレオ方式による対象の位置の計測は、同一の対象を 2 つの異なる撮像装置 30 から観測して得られる 2 つの画像から、その対象の位置、例えば三次元の位置を得るものである。ステレオ計測においては、ステレオ方式における画像処理が実行される。ステレオ方式における画像処理では、同一の対象を 2 つの異なる撮像装置 30 が撮像することによって得られた 2 つの画像の間で対応する部分が探索されて、探索に成功した対応する部分の視差が求められる。ステレオ計測では、得られた視差を用いて、2 個の撮像装置 30 を結ぶベースラインから対象までの距離が求められる。対象までの距離は、例えば、対象までの距離情報を濃淡により可視化した距離画像として表現される。以下の説明では、距離画像を視差画像と称することもある。

[0042] 位置計測システム 40 は、実施形態に係る位置計測方法を実現する。実施形態に係る位置計測方法は、油圧ショベル 1 に取り付けられた少なくとも一对の撮像装置 30 が対象を撮像し、検出処理装置 51 が少なくとも一对の撮像装置 30 によって撮像された対象の画像の情報を用いてステレオ計測を実行し、ステレオ計測の実行結果に基づいて撮像装置 30 の撮像に関わる状況

(以下においては適宜、撮像状況と称する)を判定する。検出処理装置51の処理部51Pは、記憶部51Mに記憶されたコンピュータプログラムを読み込んで実行する。このコンピュータプログラムは、実施形態に係る位置計測方法を処理部51Pに実行させるためのものである。

[0043] 撮像状況は、少なくとも一对の撮像装置30によるステレオ計測に影響を与える。実施形態において、撮像状況は、撮像装置30と、撮像装置30が撮像する対象との間の状態、及び撮像装置30の姿勢を含む。撮像装置30と、撮像装置30が撮像する対象との間の状態は、例えば、撮像装置30の周囲の気象状態及び撮像装置30の周囲の環境によって変化する。実施形態において、複数の撮像装置30は、図2に示されるように運転室4の内部に設置されるので、撮像装置30と、撮像装置30が撮像する対象との間には、運転室4のフロントガラス4Gが介在する。雨又は雪によってフロントガラス4Gに水滴又は雪が付着したり、埃がフロントガラス4Gに付着したりすると、ステレオ方式による画像処理において、一对の画像間で対応する部分が探索できず、探索できない部分についてはステレオ計測が実現できないことがある。また、フロントガラス4Gに水滴又は雪が付着していなくても、降雪又は降雨の状態で撮像装置30が対象を撮影した場合も、ステレオ方式による画像処理において、一对の画像間で対応する部分が探索できず、探索できない部分についてはステレオ計測が実現できないことがある。

[0044] 撮像装置30の姿勢は、例えば、経時変化によって変化することがある。撮像装置30の姿勢が変化すると、ステレオカメラを構成する一对の撮像装置30、30同士の相対的な位置関係が変化する。すなわち、ステレオカメラを構成する一对の撮像装置30、30に位置ずれが発生する。すると、ステレオ方式による画像処理において、一对の画像間で対応する部分が探索できず、探索できない部分についてはステレオ計測が実現できないことがある。

[0045] ステレオ計測を実行した場合に、一对の撮像装置30によって撮像された一对の画像間で対応する部分が探索できないこと、すなわちステレオ計測が

実現できないことを利用して、撮像状況を判定することができる。位置計測システム40及び実施形態に係る位置計測方法は、少なくとも一对の撮像装置30を用いたステレオ計測の実行結果に基づいて、撮像装置30の撮像状況を判定する。

[0046] 例えば、検出処理装置51は、少なくとも一对の撮像装置30によって撮像された対象の画像に対してステレオ方式による画像処理を施して画像、例えば距離画像又は視差画像を得る。検出処理装置51は、得られた画像中に存在する、対応する部分が探索できた箇所、すなわちステレオ計測が成功した箇所と、得られた画像中に存在する模様に対応する箇所とを求める。検出処理装置51は、得られた画像中に存在する模様に対応する箇所に占める、ステレオ計測が成功した箇所の比率を求め、この比率を用いて撮像状況を判定する。実施形態において、検出処理装置51の処理部51Pの演算部51PAがステレオ計測を実行し、判定部51PBが撮像状況を判定する。実施形態において、撮像装置30の故障及び動作不良等のように、撮像装置30自体の不具合に関するものは、撮像装置30のエラーとして扱われる。実施形態における撮像状況は、検出処理装置51を用いて判定されるので、撮像装置30自体の状態は、例えば制御装置41等の他の装置が判定する。

[0047] 記憶部51Mは、例えばRAM(Random Access Memory)、ROM(Random Access Memory)、フラッシュメモリ、EPROM(Erasable Programmable Random Access Memory)、EEPROM(Electrically Erasable Programmable Random Access Memory)等の不揮発性又は揮発性の半導体メモリ、磁気ディスク、フレキシブルディスク及び光磁気ディスクのうち少なくとも1つが用いられる。記憶部51Mは、実施形態に係る位置計測方法を処理部51Pに実行させるためのコンピュータプログラムを記憶している。記憶部51Mは、処理部51Pが実施形態に係る位置計測方法を実行する際に使用される情報を記憶する。この情報は、例えば、各撮像装置30の内部校正データ、各撮像装置30の姿勢及び撮像装置30同士の位置関係等を含む。

[0048] 入出力部5110は、検出処理装置51と他の装置とを接続するためのインターフェース回路である。実施形態において、入出力部5110には、ハブ31、撮像スイッチ32、IMU24、通信装置26及び信号線55が接続される。入出力部5110に接続される装置及び信号線は、実施形態のものに限定されない。ハブ31には、複数の撮像装置30a, 30b, 30c, 30dが接続されている。撮像装置30a, 30b, 30c, 30dの撮像した結果は、ハブ31を介して入出力部5110に入力される。処理部51Pは、ハブ31及び入出力部5110を介して、撮像装置30a, 30b, 30c, 30dが撮像した結果である画像の情報を取得する。ハブ31を用いずに、撮像装置30a, 30b, 30c, 30dと入出力部5110とが、直接接続されるようにしてもよい。

[0049] 実施形態において、撮像スイッチ32は、図2に示される運転室4内に設置される。例えば、撮像スイッチ32は、操作装置35の近傍に設置されるが、撮像スイッチ32の設置場所はこれに限定されない。撮像スイッチ32が操作されると、少なくとも一对の撮像装置30は対象を撮像する。対象が撮像されると、処理部51Pの演算部51PAは、撮像装置30a, 30b, 30c, 30dが撮像した結果である画像の情報を取得して、取得した画像の情報をを用いてステレオ計測を実行する。判定部51PBは、演算部51PAのステレオ計測の実行結果に基づき、撮像状況を判定する。情報生成部51PCは、例えば、ステレオ計測の結果及び撮像状況の少なくとも一方を、通信装置26及びアンテナ26Aを介して油圧ショベル1の外部に出力したり、信号線55に出力したりする。信号線55には、油圧ショベル1が有する他の装置、例えば油圧ショベル1を制御する制御装置41が接続されている。実施形態において、信号線55を用いた通信の規格はCAN (Controller Area Network) であるが、これに限定されない。

[0050] IMU24は、自身に作用する加速度及び角速度、すなわち油圧ショベル1に作用する加速度及び角速度を検出して出力する。油圧ショベル1に作用する加速度及び角速度から、油圧ショベル1の姿勢が分かる。油圧ショベル

1の姿勢を検出できれば、IMU24以外の装置であってもよい。検出処理装置51は、IMU24の検出値を取得し、対象をステレオ計測することによって得られた三次元の位置を、例えばグローバル座標系における位置に変換する。

[0051] 検出処理装置51は、専用のハードウェアで実現されてもよいし、複数の処理回路が連携して検出処理装置51の機能、例えば処理部51P、記憶部51M及び入出力部IOの機能実現するものであってもよい。

[0052] <ステレオ計測>

図4は、一对の撮像装置30L, 30Rを用いて対象80を三次元計測する例を説明する図である。図5及び図6は、一对の撮像装置30L, 30Rによって得られた一对の画像32L, 32Rを示す図である。実施形態において、図3に示される検出処理装置51は、一对の撮像装置30によって撮像された一对の画像にステレオ方式による画像処理を施すことにより、対象80の位置を求める。図4において、対象80を撮像する一对の撮像装置30を、撮像装置30L及び撮像装置30Rと称する。一对の撮像装置30L, 30Rは、図2に示される油圧ショベル1が有する撮像装置30である。

[0053] 撮像装置30Lは、撮像素子31Lを有する。撮像装置30Lの撮像装置座標系(X_s, Y_s, Z_s)の原点、すなわち撮像装置30Lの中心を光学中心OCLとしてある。撮像装置30Lの Z_s 軸は、撮像装置30Lの光軸であり、光学中心OCLを通る。撮像装置30Lが対象を撮像することにより、対象を含む画像32Lが得られる。撮像装置30Rは、撮像素子31Rを有する。撮像装置30Rの撮像装置座標系(X_s, Y_s, Z_s)の原点、すなわち撮像装置30Rの中心を光学中心OCRとしてある。撮像装置30Rの Z_s 軸は、撮像装置30Rの光軸であり、光学中心OCRを通る。撮像装置30Rが対象を撮像することにより、対象を含む画像32Rが得られる。

[0054] 実施形態において、ステレオ計測の対象80は、例えば油圧ショベル1の施工対象である。撮像装置30L及び撮像装置30Rが対象80を撮像する

ことにより、図5に示されるような一对の画像32L及び32Rが得られる。撮像装置30Lは、バケット8に向かって左側に配置され、撮像装置30Rはバケット8に向かって右側に、かつ撮像装置30Lと所定の距離Bだけ離れて配置される。図5に示されるように、撮像装置30Lによって撮像された画像32L中における対象80の位置と、撮像装置30Rによって撮像された画像32R中における対象80の位置とは、撮像装置30Lと撮像装置30Rとが並ぶ方向において異なっている。このように、撮像装置30Lと撮像装置30Rとは所定の距離だけ離れて配置されているので、対象の観測地点の位置の違いにより対象の見える方向が異なる。

[0055] 検出処理装置51は、撮像装置30Lによって撮像された対象80の画像32Lと、撮像装置30Rによって撮像された対象80の画像32Rとにステレオ方式による画像処理を施す。ステレオ方式による画像処理によって、同一の対象である対象80の位置が三次元計測される。ステレオ方式による画像処理は、一对の画像32L、32Rから視差画像33を生成する工程と、視差画像33に含まれる視差の情報に基づいて、撮像装置30L、30Rの撮像範囲の空間を三次元計測する工程とを含む。

[0056] 検出処理装置51は、視差画像33を生成する工程において、図6に示されるように、一对の画像32L、32R間で対応する部分、例えば図4に示される対象80の一部81に対応する画素 PX_l 、 PX_r を探索し、対応する画素 PX_l 、 PX_r の探索結果から視差を求める。視差は、対象80の一部81に対応する画素 PX_l 、 PX_r 同士が物理的にどれだけ離れているか、例えば、どの程度の画素数分離れているかという情報である。視差画像33は、視差を2次元配列で表現した画像である。ステレオ計測においては、視差を用いて対象までの距離を求める。視差の代わりに対象までの距離を2次元配列で表現した画像が距離画像である。

[0057] なお、視差は、一般には、ある計測対象となる基準点において、一对の撮像装置30の視線がなす角度の変化量として定義される。一对の撮像装置30を平行に並べた場合、基準となる一方の撮像装置の画像における計測点の

投影点に対し、もう一方の撮像装置 30 の画像における同じ計測点の投影点が、撮像された画像内でどの程度の画素分ずれているかが視差になる。

[0058] 視差画像 33 は、対応する画素の探索に失敗した場合には、探索に失敗した画素 $P \times s$ に 0、探索に成功した場合には、探索に成功した画素 $P \times s$ に 0 よりも大きい数値が格納される。視差画像 33 では、0 が格納された画素 $P \times s$ は黒であり、0 よりも大きい数値が格納された画素 $P \times s$ はグレースケールとなる。0 以外の数値が格納された画素 $P \times s$ は、視差画像 33 又は距離画像中においてステレオ計測が成功した箇所である。

[0059] 撮像された対象全体のステレオ計測が成功したか否かの判定には、0 以外の数値が格納された画素 $P \times s$ が、視差画像 33 中に占める割合を用いることができる。例えば、グレースケールの画素 $P \times s$ 、すなわち 0 以外の数値が格納された画素 $P \times s$ の視差画像 33 中に占める割合が閾値以上であれば、撮像された対象全体のステレオ計測は成功したと判定される。閾値は、例えば 80% から 95% とすることができるが、この範囲の値に限定されるものではない。

[0060] 検出処理装置 51 は、ステレオ計測する工程において、三角測量を用いて対象 80、この例では対象 80 の一部 81 までの距離を求める。図 4 に示されるように、撮像装置 30L の光学中心 OCL を原点とした三次元座標系 (X, Y, Z) が設定される。撮像装置 30L と撮像装置 30R とは、平行に配置されているものとする。すなわち、撮像装置 30L と撮像装置 30R との間で、画像 32L, 32R の画像面が同一面、かつ X 軸方向における位置が同一であるとする。撮像装置 30L の光学中心 OCL と撮像装置 30R の光学中心 OCR との距離を B、撮像装置 30L によって撮像された画像 32L 中の対象 80 の一部 81、すなわち画素 $P \times l$ の Y 座標を Y_L 、撮像装置 30R によって撮像された画像 32R 中の対象 80 の一部 81、すなわち画素 $P \times r$ の Y 座標を Y_R 、対象 80 の一部 81 の Z 座標を Z_P とする。 Y_L , Y_R , Z_P は、いずれも三次元座標系 (X, Y, Z) における座標である。Y 軸と画像 32L, 32R の画像面との距離は、撮像装置 30L, 30R

の焦点距離 f である。

[0061] この場合、撮像装置 30L, 30R から対象 80 の一部 81 までの距離は、三次元座標系 (X, Y, Z) における刃先 8T の Z 座標である ZP となる。視差を $d = Y_L - (Y_R - B)$ とすると、ZP は、 $B \times f / d$ で求められる。

[0062] 図 6 に示される視差画像 33 の各画素 PX_s には、探索の成功の有無を示す情報と、探索に成功した場合には視差 d とが格納される。検出処理装置 51 は、画像 32L, 32R 中の探索に成功した各画素間の視差 d と、画像 32L, 32R 中の探索に成功した各画素の座標と、撮像装置 30L, 30R の焦点距離 f とから、対象までの距離を求めることができる。

[0063] 図 6 に示される例において、検出処理装置 51 は、一对の画像 32L, 32R 間で対応する画素を探索し、視差画像 33 を生成する。次に、検出処理装置 51 は、距離を求める対象 80 の一部 81 に対応する画素 PX_l , PX_r を探索する。一对の画像 32L, 32R 間において、対象 80 の一部 81 に対応する画素 PX_l , PX_r が探索されたら、検出処理装置 51 は、探索された画素 PX_l , PX_r の Y 座標である Y_L , Y_R を求める。検出処理装置 51 は、得られた Y_L , Y_R 及び距離 B を視差 d の式である $d = Y_L - (Y_R - B)$ に与えて、視差 d を求める。検出処理装置 51 は、得られた視差 d 、距離 B 及び焦点距離 f を用いて、撮像装置 30L, 30R から刃先 8T までの距離 ZP を、前述した式に与えることにより求める。

[0064] 撮像装置 30L, 30R は図 2 に示される運転室 4 の内部に設置されるので、撮像装置 30L, 30R とバケット 8 の刃先 8T との間にはフロントガラス 4G が介在する。フロントガラス 4G に水滴及び埃等が付着していた場合、一对の画像 32L, 32R の少なくとも一方には、対象 80 が写っていない場合がある。このような場合、対応する画素の探索に失敗するので、視差画像 33 は、全体においてグレースケールの画素 PX_s が占める割合は低下し、黒の画素が占める割合が高くなる。

[0065] このように、撮像装置 30 と、撮像装置 30 が撮像する対象 80 との間の

状態、及びステレオカメラを構成する一対の撮像装置30の姿勢の少なくとも1つに応じて、視差画像又は距離画像中におけるステレオ計測が成功した箇所の割合は変化する。このため、検出処理装置51は、ステレオ計測の実行結果、例えば視差画像又は距離画像中におけるステレオ計測が成功した箇所の割合を用いることにより、撮像状況を判定できる。

[0066] <雨の影響>

ステレオ率STRは下記の式(1)で求められる。式(1)中のPX Sは、ステレオ計測においてステレオ方式による画像処理を実行した結果得られた処理後の画像中におけるステレオ計測が成功した画素の総数である。画素のステレオ計測が成功した場合とは、一対の画像間で対応する画素が探索できた場合である。式(1)中のPX Aは、一対の撮像装置30、30によって撮像された画像(2つの画像のうち少なくとも一方)中に模様が存在する範囲の画素の総数である。実施形態において、ステレオ率STRを求めるにあたって、検出処理装置51の演算部51PAは、画像中の模様がある範囲についてステレオ計測を実行する。判定部51PBによるステレオ率STRの判定は、画像中の模様がある範囲について行われる。

$$STR = PX S / PX A \cdots (1)$$

[0067] 画像中に模様が存在する範囲を求める方法の一例を説明する。実施形態において、検出処理装置51の演算部51PAは、一対の撮像装置30、30が撮像した画像のうち、一方の画像(以下において、適宜、基準画像と称する)を対象に、模様を検出する。模様の検出において、演算部51PAは、例えば、基準画像中のある画素に着目する。着目した画素を、以下において着目画素と称する。演算部51PAは、着目画素の輝度と、着目画素の周囲に存在する画素の輝度とを比較し、着目画素と周囲の各画素との輝度差を求める。基準画像中の画素が基盤の目状に配置されている場合、着目画素の周囲に存在する画素は8個になる。演算部51PAは、輝度差のばらつきが閾値以上である場合に着目画素は模様であると判定し、輝度差のばらつきが閾値よりも小さい場合に着目画素は模様ではないと判定する。模様の検出は、

ステレオ率S T Rが求められる前であれば、視差画像を求める後であっても前であってもよい。模様が存在する場所を撮像した結果が適切か否かを判断するためには、模様が存在する範囲のステレオ率S T Rを用いると、より好ましい。

[0068] 実施形態において、演算部5 1 P Bは、模様を検出せず、例えば、ステレオ計測においてステレオ方式による画像処理を実行した結果得られた処理後の画像中におけるステレオ計測が成功した画素の割合を用いてステレオ率S T Rを求めてもよい。

[0069] 図7及び図8は、ステレオ率S T Rと撮像装置3 0の周囲の状態との関係を示す図である。図7及び図8は、いずれも実験結果の一例を示す。図7は、図2に示される一对の撮像装置3 0 a, 3 0 bを用いたステレオ計測の結果を示し、図8は、図2に示される一对の撮像装置3 0 c, 3 0 dを用いたステレオ計測の結果を示す。一对の撮像装置3 0 a, 3 0 bの光軸は上方を向いて設置され、一对の撮像装置3 0 c, 3 0 dの光軸は下方を向いて設置される。図7及び図8の縦軸は、ステレオ率S T Rであり単位は%である。図7及び図8の縦軸は、横軸と交差する部分は0 %ではない。

[0070] 図7及び図8の状態Aは雨が降っていない状態であり、状態Bは小雨時かつワイパ4 Wの動作なしの状態であり、状態Cは小雨時かつワイパ4 Wの動作ありの状態であり、状態Dは大雨かつワイパ4 Wの動作なしの状態であり、状態Eは大雨かつワイパ4 Wの動作ありの状態である。つまり、状態Aはフロントガラス4 Gは乾いた状態である。一方、状態B、C、つまり小雨の場合、図2に示される運転室4のフロントガラス4 Gに少量の水滴が付着した状態である。さらに、状態D、E、つまり大雨の場合、運転室4のフロントガラス4 Gには小雨の場合よりも多い水滴が付着した状態である。

[0071] 光軸が上方を向いて設置された一对の撮像装置3 0 a, 3 0 bの結果（図7）から、雨の場合は、雨が降っていない場合と比較するとステレオ率S T Rは下がること、小雨よりも大雨の方がステレオ率S T Rは低下すること、及び雨が降っている場合、ワイパ4 Wが動作するとステレオ率S T Rは改善

することが分かる。光軸が下方を向いて設置された一対の撮像装置 30c, 30d の結果 (図 8) から、小雨がステレオ率 S T R に与える影響は小さいこと、大雨の場合、ステレオ率 S T R は急激に低下すること、及び特に雨が降っている場合、ワイパ 4 W が動作するとステレオ率 S T R は改善することが分かる。

[0072] このように、ステレオ計測の実行結果、実施形態ではステレオ率 S T R に基づいて、撮像装置 30 の撮像状況を判定することができる。光軸が上方を向いて設置された一対の撮像装置 30a, 30b によるステレオ率 S T R の方が、光軸が下方を向いて設置された一対の撮像装置 30c, 30d よりも雨の影響及びワイパ 4 W の影響が現れやすい。すなわち、光軸が上方を向いて設置された一対の撮像装置 30a, 30b の方が、光軸が下方を向いて設置された一対の撮像装置 30c, 30d よりも周囲の状況の影響を検出する感度が高い。このため、検出処理装置 51 が撮像装置 30 の撮像状況を判定する場合、光軸が上方を向いて設置された一対の撮像装置 30a, 30b が撮像した画像の情報をを用いることが好ましい。なお、図 7 及び図 8 は、降雨によりフロントガラス 4 G に水滴が付着する場合の実験結果を示しているが、フロントガラス 4 G に水滴が付着していないが降雨又は降雪の撮像状況において撮像装置 30 が対象を撮像した時のステレオ率 S T R は、晴天時に対象を撮影した時のステレオ率 S T R より低下する。

[0073] 図 9 は、実施形態に係る位置計測方法の処理例を示すフローチャートである。この処理例は、撮像装置 30 と、撮像装置 30 が撮像する対象との間の状態を判定する例であり、例えば撮像装置 30 の周辺の環境を判定する例である。ステップ S 11 において、図 2 及び図 3 に示される少なくとも一対の撮像装置 30 は、対象を撮像する。前述したように、撮像状況の判定においては、光軸が上方を向いて設置された一対の撮像装置 30a, 30b が用いられることが好ましい。ステップ S 12 において、図 3 に示される検出処理装置 51 の演算部 51 P A は、少なくとも一対の撮像装置 30 の撮像結果、すなわち少なくとも一対の画像の情報を取得し、ステレオ方式による画像処

理を施す。ステップS 1 3において、演算部5 1 P Aは、ステレオ方式による画像処理の結果得られた画像からステレオ率S T Rを求める。ステップS 1 4において、判定部5 1 P Bは、ステレオ率S T Rを用いて、撮像装置3 0の撮像状況を判定する。

[0074] 判定部5 1 P Bは、判定結果を記憶部5 1 M及び外部の少なくとも一方に出力してもよい。判定結果が外部に出力される場合、例えば、判定部5 1 P Bは、油圧ショベル1の外部に設置された管理装置6 1又は通信機能を有する携帯端末装置6 4に判定結果を出力することができる。管理装置6 1を使用する管理者は、判定部5 1 P Bから出力された判定結果に基づき、油圧ショベル1に対して必要な対処を実行する。また、判定結果を取得した携帯端末装置6 4が油圧ショベル1のオペレータ又は油圧ショベル1の管理者に使用される場合、オペレータ又は管理者は、判定部5 1 P Bから出力された判定結果に基づき、油圧ショベル1に対して必要な対処を実行する。判定結果に基づく、必要な対処については後述する。

[0075] 撮像装置3 0の撮像状況を判定するにあたっては、例えばステレオ率S T Rと撮像状況とを対応付けたテーブルを作成して検出処理装置5 1の記憶部5 1 Mに記憶させておく。判定部5 1 P Bは、ステレオ率S T Rを演算部5 1 P Aから取得し、記憶部5 1 Mのテーブルを参照して、取得したステレオ率S T Rに対応する撮像状況をテーブルから読み出す。読み出された撮像状況が、少なくとも一对の撮像装置3 0の撮像状況となる。撮像状況は、例えば、ステレオ率S T Rが第1閾値以下の場合は小雨、第1閾値よりも小さい第2閾値以下である場合は大雨というように判定される。

[0076] この処理例において、撮像状況は、雨、すなわち撮像装置3 0と、撮像装置3 0が撮像する対象との間に水滴が存在する場合を例としたが、撮像装置3 0と、撮像装置3 0が撮像する対象との間に埃が存在したり、雪又は霰等が存在したりする場合が撮像状況とされてもよい。また、撮像装置3 0と、撮像装置3 0が撮像する対象との間の状態のみならず、撮像装置3 0の姿勢が撮像状況とされてもよい。撮像状況は、例えば、ステレオ率S T Rが第1

閾値よりも大きい場合は一对の撮像装置 30, 30 同士の位置ずれは許容範囲、第 1 閾値以下である場合は一对の撮像装置 30, 30 同士に許容できない位置ずれが発生しているが再校正で修正可能、第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値以下である場合は撮像装置 30 の取付状態の修正要というように判定される。前述のように、撮像装置 30 の姿勢が、例えば経時変化により変化した場合、撮像装置 30 が対象を撮像した画像から求められるステレオ率 STR から、撮像状況（取付状態）が不良であるとの判定ができる。

[0077] 検出処理装置 51 の判定部 51PB は、ステレオ率 STR の時系列の変化に基づいて、撮像状況を判定してもよい。例えば、ステレオ率 STR が異なるタイミングで取得された結果、ステレオ率 STR の低下が一時的なものであれば、判定部 51PB は、雨又は雪等のような撮像装置 30 の周辺の環境がステレオ率 STR の低下の原因であると判定する。ステレオ率 STR が異なるタイミングで取得された結果、ステレオ率 STR の低下が継続する場合、判定部 51PB は、撮像装置 30 の位置ずれ又はフロントガラス 4G の汚れ又は撮像装置 30 のレンズの汚れ等であると判定する。

[0078] 検出処理装置 51 は、ステレオ率 STR の低下が継続する場合に、撮像装置 30 の姿勢を決定するパラメータを変更して、同一の撮像結果に対してステレオ率 STR を再計算する。パラメータを変化させてもステレオ率 STR が変化しない場合、検出処理装置 51 の判定部 51PB は、運転室 4 のフロントガラス 4G 又は撮像装置 30 のレンズが汚れていると判定する。パラメータを変化させるとステレオ率 STR が高くなる場合、検出処理装置 51 の判定部 51PB は、一对の撮像装置 30, 30 同士に位置ずれが発生していると判定し、撮像装置 30 の取付状態を修正する必要がある旨を出力する。パラメータを変化させるとステレオ率 STR が低くなる前と同等になった場合、検出処理装置 51 の判定部 51PB は、一对の撮像装置 30, 30 同士の位置ずれは修正可能であると判定し、ステレオ率 STR が最大となったときのパラメータを新たなパラメータに決定する。

[0079] 撮像装置 30 の姿勢を決定するパラメータは、回転方向補正量 α , β , γ

及び並進方向補正量 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ である。回転方向補正量 α 、 β 、 γ は、ステレオカメラを構成する一対の撮像装置30、30において、図2に示される撮像装置座標系の X_s 軸周り、 Y_s 軸周り、 Z_s 軸周りの回転方向のずれ量を補正する量である。並進方向補正量 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ は、ステレオカメラを構成する一対の撮像装置30、30において、撮像装置座標系の X_s 軸、 Y_s 軸、 Z_s 軸と平行な方向のずれ量を補正する量である。検出処理装置51は、一対の撮像装置30、30のうち一方の回転方向補正量 α 、 β 、 γ 及び並進方向補正量 ΔX 、 ΔY 、 ΔZ を変更してステレオ率STRを再計算する。

[0080] 判定部51PBが撮像装置30の撮像状況を判定したら、油圧ショベル1の制御装置41は、判定結果に基づいて油圧ショベル1の制御内容、すなわち対応内容を決定してもよい。ここで、判定部51PBが対応内容を決定するようにしてもよい。対応内容は、油圧ショベル1の制御内容及び油圧ショベル1を運用する者への通知の少なくとも一方を含む。この通知は、油圧ショベル1の運用に関する情報である。油圧ショベル1を運用する者は、油圧ショベル1のオペレータ、油圧ショベル1の管理者及びサービスマンの少なくとも1つを含む。実施形態において、制御装置41は、判定結果に基づいて油圧ショベル1に対する制御内容を決定する制御部に相当する。例えば、撮像状況が雨であった場合、制御装置41は、油圧ショベル1の制御内容を、運転室4のフロントガラス4Gを清掃するワイパ4Wを動作させるという制御に決定する。制御装置41は、決定した制御内容に基づき、ワイパ4Wを動作させる。制御装置41は、油圧ショベル1の運転室4内に設置されたモニタの画面に、ワイパ4Wを動作させる指示を表示させてもよい。油圧ショベル1のオペレータは、モニタの画面に表示された指示を視認して、ワイパ4Wを動作させる。

[0081] 例えば、撮像状況が雨であった場合、制御装置41は、油圧ショベル1の制御内容を、ステレオ計測を実行しないという制御に決定する。制御装置41は、決定した制御内容に基づき、ステレオ計測を実行しない。例えば、撮

像スイッチ 3 2 が操作されて撮像指令が検出処理装置 5 1 に入力された場合でも、検出処理装置 5 1 は撮像装置 3 0 に対象を撮像させない。このとき、制御装置 4 1 は、油圧ショベル 1 の運転室 4 内に設置されたモニタの画面に、ステレオ計測を実行しないことを表示してもよい。

[0082] 例えば、制御装置 4 1 は、撮像装置 3 0 に位置ずれがあると判定した場合、油圧ショベル 1 の制御内容を、撮像装置 3 0 に位置ずれが発生していることを油圧ショベル 1 の運転室 4 内に設置されたモニタに表示させる制御に決定する。制御装置 4 1 は、決定した制御内容に基づき、撮像装置 3 0 に位置ずれが発生していることを前述したモニタに表示させる。モニタの表示を視認した油圧ショベル 1 のオペレータは、例えば、撮像装置 3 0 の校正を実行したり、サービスマンに撮像装置 3 0 の取付位置の調整を依頼したりする。

[0083] 実施形態の処理例では、検出処理装置 5 1 がステレオ計測の実行結果に基づいて撮像装置 3 0 の撮像状況を判定するが、このような手法に限定されない。例えば、検出処理装置 5 1 はステレオ計測の実行結果、実施形態ではステレオ率 S T R を油圧ショベル 1 の外部の装置である管理装置 6 1 に出力し、管理装置 6 1 が撮像装置 3 0 の撮像状況を判定してもよい。この場合、検出処理装置 5 1 が有する処理部 5 1 P の判定部 5 1 P B は、管理装置 6 1 が有することになる。

[0084] 検出処理装置 5 1 からステレオ計測の実行結果を取得した管理装置 6 1 は、実行結果に基づいて撮像状況を判定する。この判定は、管理装置 6 1 が有する判定部 5 1 P B によって行われる。管理装置 6 1 は、判定結果である撮像状況に基づいて、油圧ショベル 1 に対する制御内容を決定し、決定した結果を油圧ショベル 1 に通信装置 6 2 及びアンテナ 6 2 A を介して出力してもよい。例えば、撮像状況が雨であった場合、管理装置 6 1 は、油圧ショベル 1 の制御内容を、ワイパ 4 W を動作させる制御に決定して、管理装置 6 1 に接続されている通信装置 6 2 を介して油圧ショベル 1 に出力する。油圧ショベル 1 又は油圧ショベル 1 のオペレータは、管理装置 6 1 から通信装置 2 6 を介して取得した制御内容に基づき、ワイパ 4 W を動作させる。

[0085] 例えば、撮像状況が雨であった場合、管理装置 6 1 は、油圧ショベル 1 の制御内容を、ステレオ計測を実行しないという制御に決定して、通信装置 6 2 及びアンテナ 6 2 A を介して油圧ショベル 1 に出力する。油圧ショベル 1 は、管理装置 6 1 から取得した制御内容に基づき、ステレオ計測を実行しない。例えば、撮像スイッチ 3 2 が操作されて撮像指令が検出処理装置 5 1 に入力された場合でも、検出処理装置 5 1 は撮像装置 3 0 に対象を撮像させない。このとき、油圧ショベル 1 の運転室 4 内に設置されたモニタの画面に、ステレオ計測を実行しないことが表示されてもよい。

[0086] 例えば、管理装置 6 1 は、撮像装置 3 0 に位置ずれがあると判定した場合、油圧ショベル 1 の制御内容を、撮像装置 3 0 に位置ずれが発生していることを油圧ショベル 1 の運転室 4 内に設置されたモニタに表示させる制御に決定する。管理装置 6 1 は、決定した制御内容を油圧ショベル 1 に対して出力する。油圧ショベル 1 は、管理装置 6 1 から取得した制御内容に基づき、撮像装置 3 0 に位置ずれが発生していることを前述したモニタに表示させる。モニタの表示を視認した油圧ショベル 1 のオペレータは、例えば、撮像装置 3 0 の校正を実行したり、サービスマンに撮像装置 3 0 の取付位置の調整を依頼したりする。管理装置 6 1 が撮像装置 3 0 の撮像状況を判定する場合、管理装置 6 1 が行う判定の内容は前述したものに限定されず、検出処理装置 5 1 が判定部 5 1 P B を有する場合と同様の判定を行うことができる。

[0087] 管理装置 6 1 は、前述したように、判定結果に基づいて油圧ショベル 1 の制御内容を決定し、通信装置 6 2 を介して油圧ショベル 1 に送信するが、このとき、管理装置 6 1 は携帯端末装置 6 4 に油圧ショベル 1 の制御内容を送信してもよい。油圧ショベル 1 のオペレータは、油圧ショベル 1 又は携帯端末装置 6 4 に送信された制御内容を確認して、油圧ショベル 1 を制御することができる。

[0088] また、管理装置 6 1 は、判定結果に基づいた対応内容を決定するが、その一例として、オペレータ、管理者又はサービスマンへの通知を行うようにしてもよい。予め、管理装置 6 1 の記憶装置に、オペレータ、管理者又はサー

ビスマン等が保有する、例えば、携帯電話等の携帯端末装置 6 4 のメールアドレスといった識別情報を登録しておく。例えば、撮像状況が雨であった場合、管理装置 6 1 は、通信装置 6 2 及びアンテナ 6 2 A を介して、携帯端末装置 6 4 に、天候が悪い時の撮像を控える旨の通知を送信してもよい。判定結果が、撮像装置 3 0 に位置ずれ、フロントガラス 4 G の汚れ又は撮像装置 3 0 のレンズの汚れ等であった場合、管理装置 6 1 は、通信装置 6 2 及びアンテナ 6 2 A を介して、携帯端末装置 6 4 に、撮像装置 3 0 の点検を促す旨の通知又はフロントガラス 4 G の清掃を促す旨の通知等を送信してもよい。これらの判定結果に基づいた対応内容である通知は、管理装置 6 1 から油圧ショベル 1 の通信装置 2 6 を介して検出処理装置 5 1 に受信され、油圧ショベル 1 の図示しない表示装置に表示されるようにしてもよい。

[0089] 例えば、少なくとも判定部 5 1 P B が管理装置 6 1 に設けられる場合、管理装置 6 1 は、前述した対応内容を油圧ショベル 1 及び携帯端末装置 6 4 に送信するために、次のような処理を実行する。管理装置 6 1 の判定部 5 1 P B は、油圧ショベル 1 から送信されるステレオ率 S T R とともに、そのステレオ率 S T R を送信した油圧ショベル 1 の通信装置 2 6 の I P アドレスを受信する。ここで、通信装置 2 6 の I P アドレスとともに、あるいは I P アドレスに変えて、油圧ショベル 1 の機体番号といった識別情報が管理装置 6 1 に送信されてもよい。この場合、機体番号は検出処理装置 5 1 の記憶部 5 1 M に予め記憶されており、例えば通信装置 2 6 は記憶部 5 1 M から機体番号を読み出して管理装置 6 1 に送信する。また、油圧ショベル 1 の通信装置 2 6 は、撮像装置 3 0 が対象を撮像した時に G P S により測位した位置情報も管理装置 6 1 に送信してもよい。

[0090] 管理装置 6 1 の記憶装置には、予め油圧ショベル 1 の通信装置 2 6 の I P アドレス、携帯端末装置 6 4 の I P アドレス、メールアドレス、及び油圧ショベル 1 の機体番号等が登録されている。油圧ショベル 1 の I P アドレス（又は機体番号）と携帯端末装置 6 4 の I P アドレス及びメールアドレスの少なくとも一方とは紐付がされている。管理装置 6 1 の判定部 5 1 P B は、管

理装置 6 1 がステレオ率 S T R とともに受信した油圧ショベル 1（通信装置 2 6）の I P アドレスを管理装置 6 1 の記憶装置から探索し、探索された I P アドレスに紐付された携帯端末装置 6 4 の I P アドレス又はメールアドレスに対応内容を送信する。なお、例えば、前述したように、油圧ショベル 1 の表示装置に対応内容を表示させたい場合、管理装置 6 1 がステレオ率 S T R とともに受信した I P アドレスに対して対応内容（通知）を送信してもよい。この場合、油圧ショベル 1 の稼働現場の場所を示す情報が予め管理装置 6 1 の記憶装置に登録されていてもよい。管理装置 6 1 は、油圧ショベル 1 から送信された位置情報に基づいて、登録されている稼働現場の場所を探索し、該当する稼働現場の管理者等、油圧ショベル 1 に対応内容を送信してもよい。

[0091] 油圧ショベル 1 の検出処理装置 5 1 がステレオ計測の実行結果に基づいて撮像状況を判定し、対応内容を求める。そして、検出処理装置 5 1 が、判定結果及び対応内容の少なくとも一方を、油圧ショベル 1 が有する図示しない表示装置に表示させてもよい。また、管理装置 6 1 が油圧ショベル 1 から送信されてきたステレオ計測の実行結果に基づいて撮像状況を判定し、判定結果に基づいて対応内容を求める。そして、管理装置 6 1 は、判定結果及び求めた対応内容の少なくとも一方を、管理施設 6 0 内の図示しない表示装置に表示させたり、管理施設 6 0 内の図示しない印刷装置から出力させたりしてもよい。

[0092] 以上、実施形態の位置計測システム 4 0 及び位置計測方法は、油圧ショベル 1 に取り付けられた少なくとも一対の撮像装置 3 0 を用いたステレオ計測の実行結果に基づいて、撮像装置 3 0 の撮像状況を判定する。このため、実施形態の位置計測システム 4 0 及び位置計測方法は、油圧ショベル 1 が環境観測用の装置を有さない場合であっても撮像装置 3 0 の撮像に影響を与える環境を判定したり、油圧ショベル 1 の周辺的环境を判定したり、撮像装置 3 0 の姿勢を判定したりすることができる。このように、実施形態の位置計測システム 4 0 及び位置計測方法は、ステレオカメラを構成する撮像装置 3 0

の撮像時における状況を把握することができる。そして、油圧ショベル 1 のオペレータ又は油圧ショベル 1 の管理者等は、実施形態の位置計測システム 40 及び位置計測方法によって判定された結果を用いることにより、撮像装置 30 の撮像状況を把握することができる。

[0093] したがって、撮像時における環境が、撮像装置 30 の撮像に影響を与える環境であったにも関わらず、オペレータが対象を撮像してしまった場合でも、実施形態の位置計測システム 40 及び位置計測方法は、その撮像に基づく三次元計測の結果を排除することができる。また、実施形態の位置計測システム 40 及び位置計測方法は、判定結果に基づく必要な対処として、オペレータに対し、撮像時における環境が撮像装置 30 の撮像に影響を与える環境の場合、撮像を控えるように注意を促すことができる。判定結果に基づく必要な対処として、撮像装置 30 の点検及びフロントガラス 4 G の清掃といった作業があるが、実施形態の位置計測システム 40 及び位置計測方法によれば、そのような作業の必要性を迅速に判断でき、管理者等は、点検や清掃の作業や指示を行うことができる。結果として、管理者等は、撮像装置 30 による、適切な三次元計測の結果（地形情報）を得ることができる。

[0094] 油圧ショベル 1 のような作業機械は、埃の多い場所で作業することが多く、また振動及び衝撃等を受けやすい。このため、フロントガラス 4 G に埃が付着したり、振動及び衝撃により撮像装置 30 の位置ずれが発生したりしやすい。実施形態の位置計測システム 40 及び位置計測方法は、撮像装置 30 の撮像環境を判定して、撮像装置 30 の撮像状況の改善を図ることができる。撮像状況は、実施形態のものに限定されず、例えば、一対の撮像装置 30、30 のうち一方に作業機 2 が写り込んだ結果、ステレオ計測ができないような場合も含まれる。

[0095] 本実施形態では、撮像装置 30 が運転室 4 内に配置される場合を示したが、撮像装置 30 が運転室 4 の外に配置されてもよい。また、油圧ショベル 1 は、遠隔操作により作業機 2、旋回体 3 及び走行体 5 を操作可能であるものであってもよい。このような遠隔操作により動作可能な油圧ショベル 1 の場

合、運転室 4 は有していなくてもよい。遠隔操作により動作可能な油圧ショベル 1 の場合、撮像スイッチ 3 2 による撮像指令の代わりに遠隔地から撮像指令信号を油圧ショベル 1 に送信し、通信装置 2 6 を介して油圧ショベル 1 が受信することで、例えば、処理部 5 1 P が撮像装置 3 0 に撮像を実行させる。

[0096] 以上、実施形態を説明したが、前述した内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換及び変更のうち少なくとも 1 つを行うことができる。作業機械は、施工対象を施工、例えば掘削及び運搬等を行うことができれば油圧ショベルに限定されず、例えば、ホイールローダー及びブルドーザーのような作業機械であってもよい。

符号の説明

[0097] 1 油圧ショベル

1 B 車体

2 作業機

3 旋回体

4 運転室

4 G フロントガラス

4 W ワイパ

5 走行体

2 3 位置検出装置

2 6 通信装置

3 0, 0 a, 3 0 b, 3 0 c, 3 0 d, 3 0 L, 3 0 R 撮像装置

3 2 撮像スイッチ

3 3 視差画像

3 5 操作装置

4 0 位置計測システム

4 1 制御装置

5 0 制御システム

5 1 検出処理装置

5 1 I O 入出力部

5 2 M 記憶部

5 1 P 処理部

5 1 P A 演算部

5 1 P B 判定部

5 1 P C 情報生成部

5 5 信号線

6 0 管理施設

6 1 管理装置

6 2 通信装置

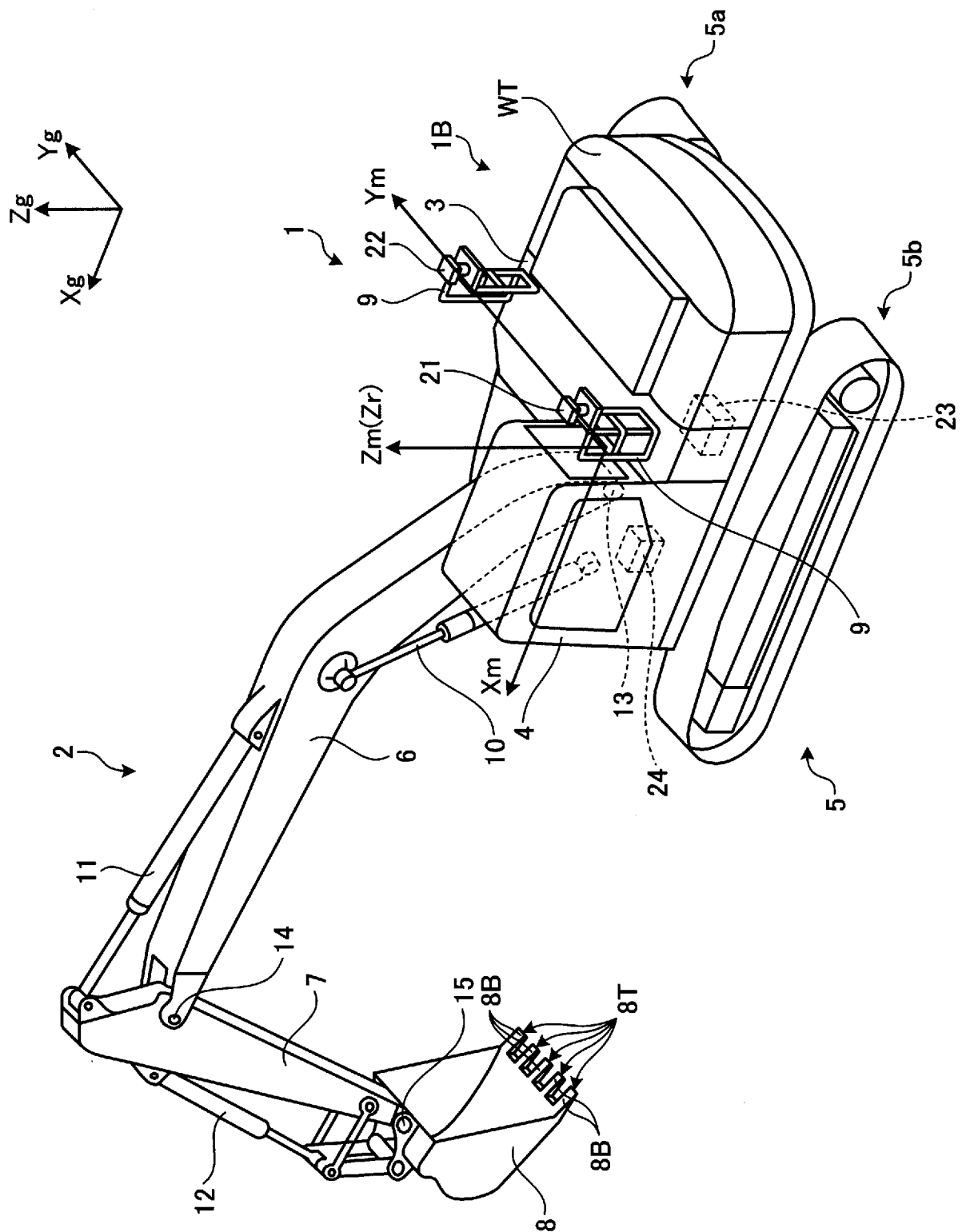
6 4 携帯端末装置

請求の範囲

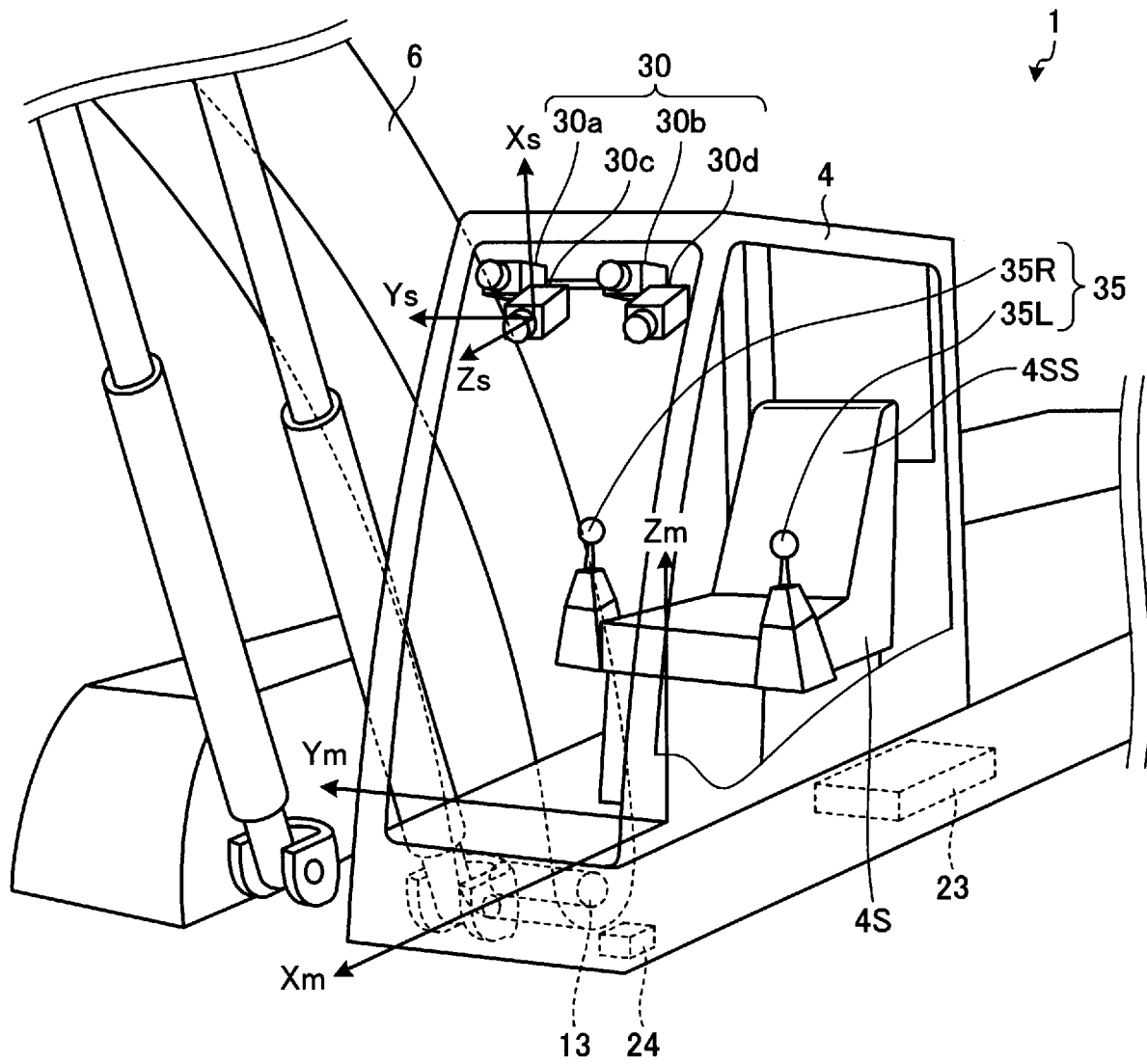
- [請求項1] 作業機械に取り付けられた、少なくとも一対の撮像装置と、
前記作業機械に設けられて、少なくとも一対の前記撮像装置によって撮像された対象の画像の情報を用いてステレオ計測を実行する演算部と、
前記ステレオ計測の実行結果に基づいて、前記撮像装置の撮像に関わる状況を判定する判定部と、
を含む、位置計測システム。
- [請求項2] 前記演算部は、
前記画像中の模様がある範囲についてステレオ計測を実行する、請求項1に記載の位置計測システム。
- [請求項3] 前記判定部は、
前記実行結果に基づいて、前記撮像装置と、前記撮像装置が撮像する対象との間の状態を判定する、請求項1又は請求項2に記載の位置計測システム。
- [請求項4] 前記判定部は、
前記実行結果に基づいて前記撮像装置の姿勢を判定する、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の位置計測システム。
- [請求項5] 少なくとも一対の前記撮像装置は、
光軸が上方を向いて設置される、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の位置計測システム。
- [請求項6] 前記判定部は、前記作業機械の外部の管理装置に設けられており、
前記演算部は、前記管理装置に設けられた前記判定部に前記ステレオ計測の実行結果を出力する、
請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の位置計測システム。
- [請求項7] 前記管理装置は、
前記撮像に関わる状況の判定結果に基づいて対応内容を決定する、請求項6に記載の位置計測システム。

- [請求項8] 前記判定部は、
前記作業機械に設けられている、請求項 1 から請求項 5 のいずれか
1 項に記載の位置計測システム。
- [請求項9] 前記作業機械は、前記撮像に関わる状況の判定結果に基づいて対応
内容を決定する制御部を有する、請求項 8 に記載の位置計測システム
。
- [請求項10] 作業機械に取り付けられた少なくとも一对の撮像装置が対象を撮像
し、
少なくとも一对の前記撮像装置によって撮像された対象の画像の情
報を用いてステレオ計測を実行し、
前記ステレオ計測の実行結果に基づいて前記撮像装置の撮像に関わ
る状況を判定する、
位置計測方法。
- [請求項11] 前記撮像に関わる状況を判定した後、判定した結果を出力する、請
求項 1 0 に記載の位置計測方法。
- [請求項12] 前記撮像に関わる状況の判定結果に基づいて対応内容を決定する、
請求項 1 1 に記載の位置計測方法。

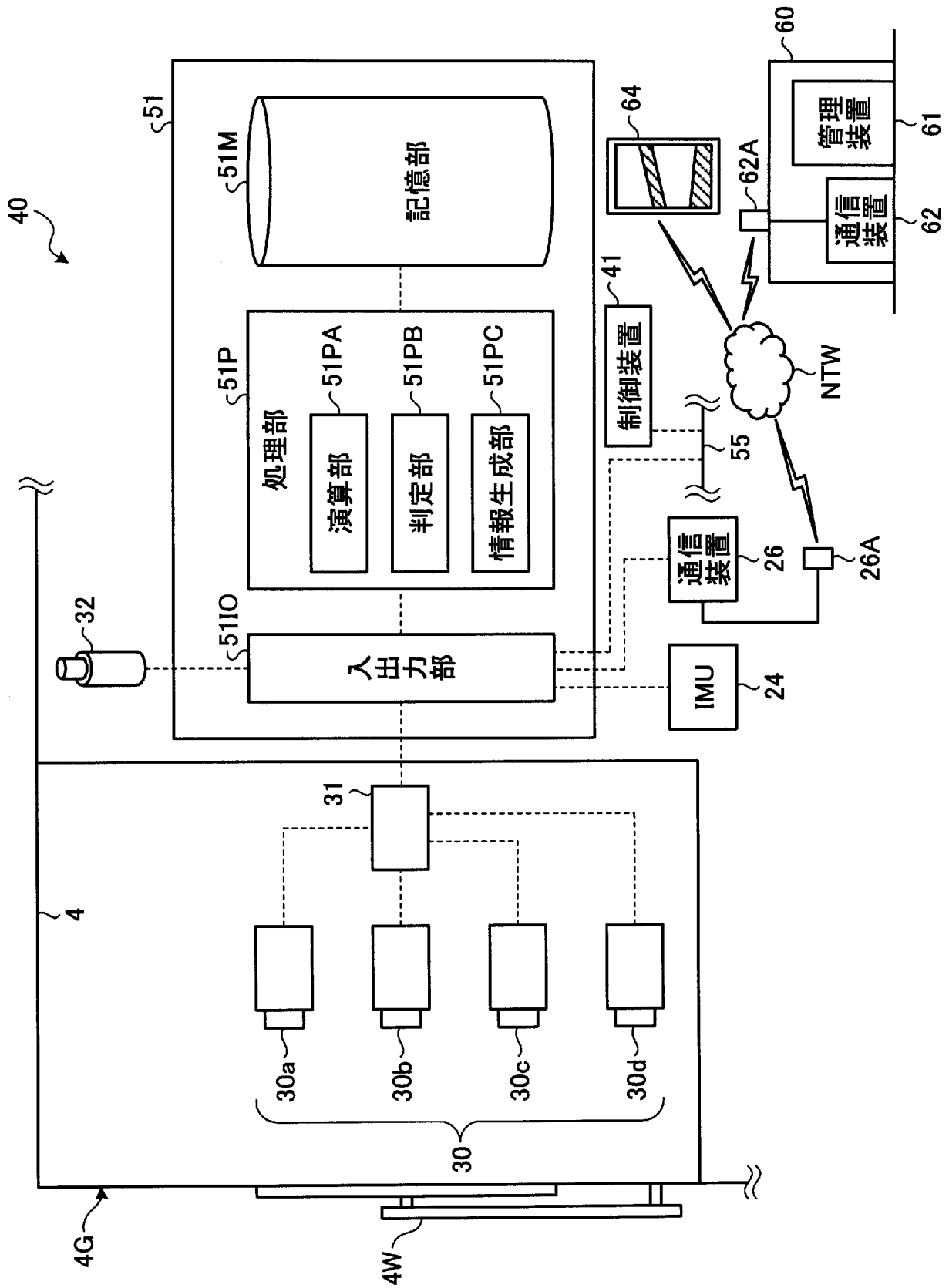
[図1]



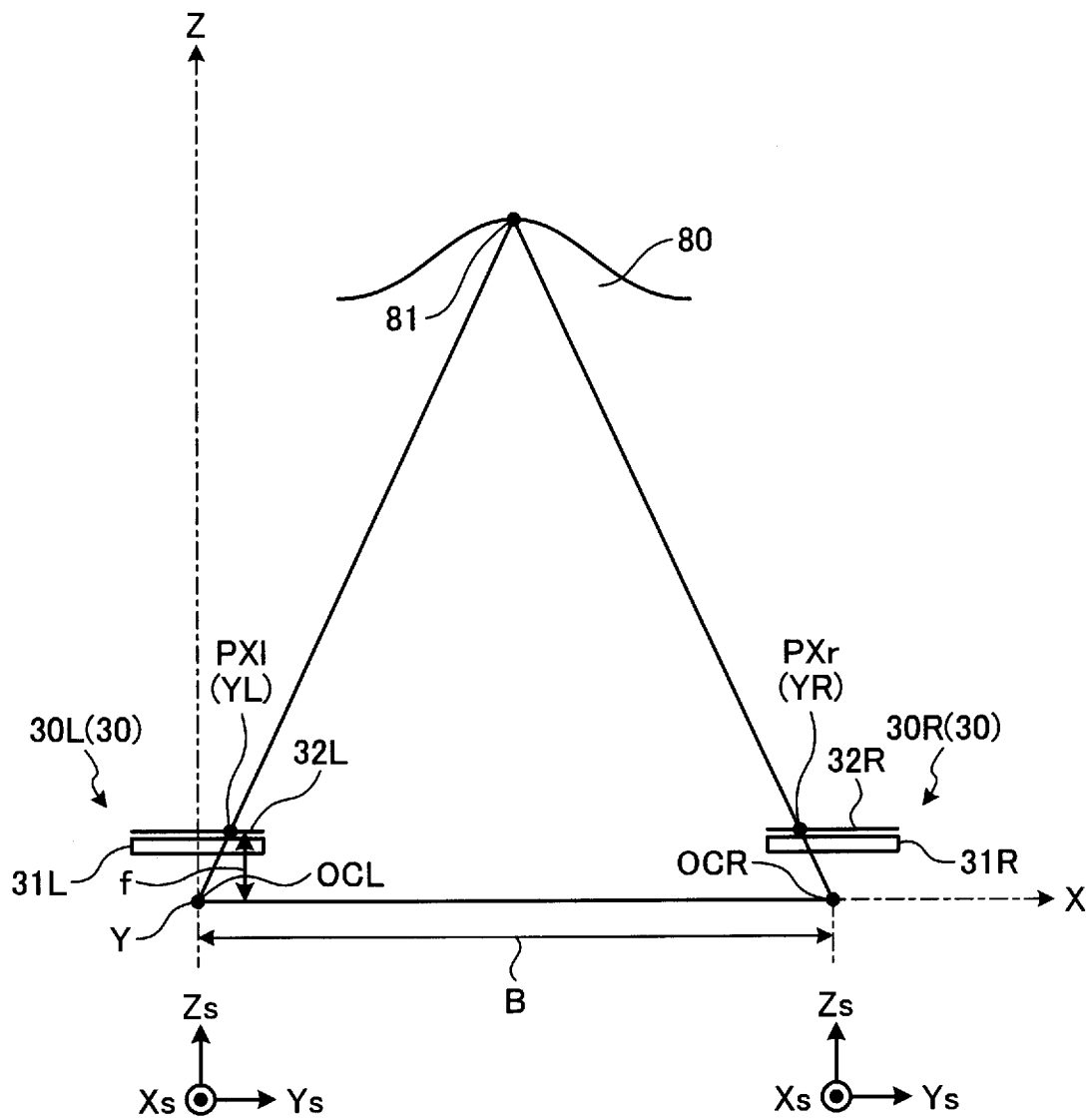
[図2]



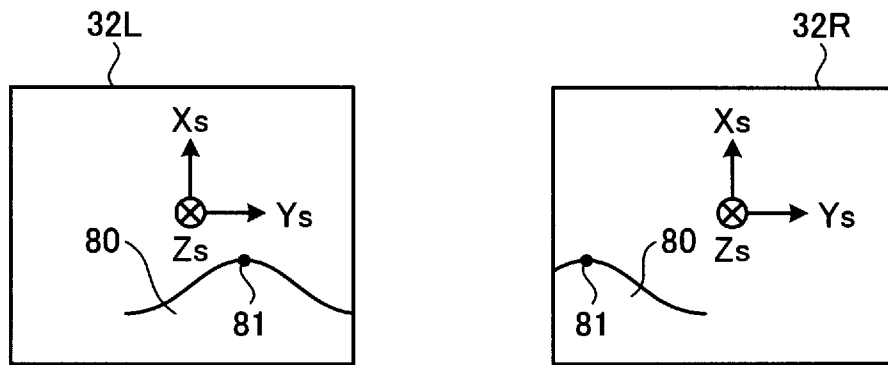
[図3]



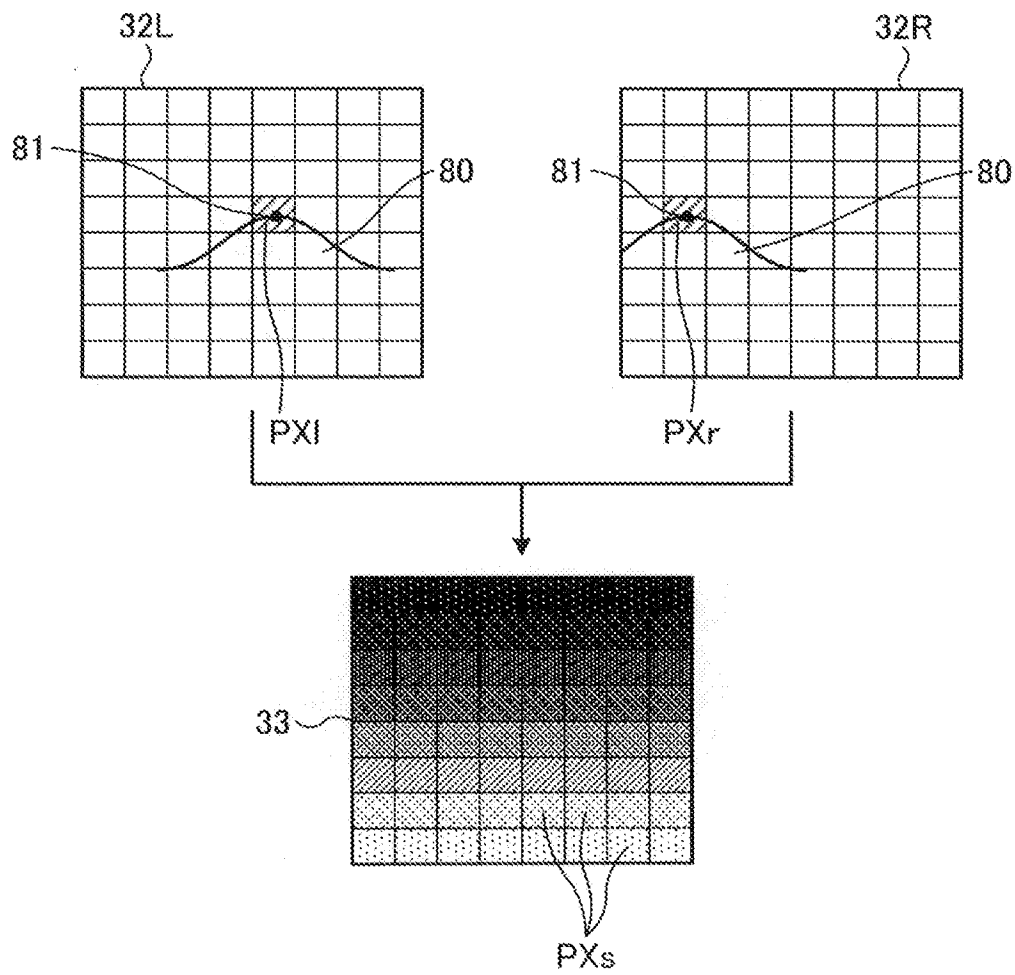
[図4]



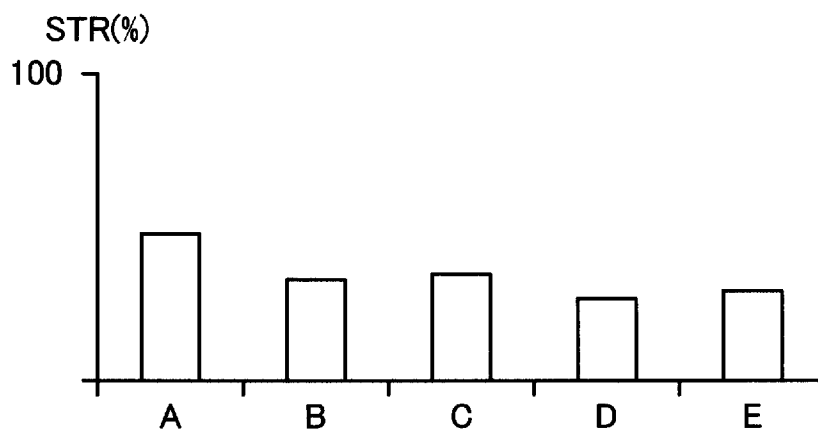
[図5]



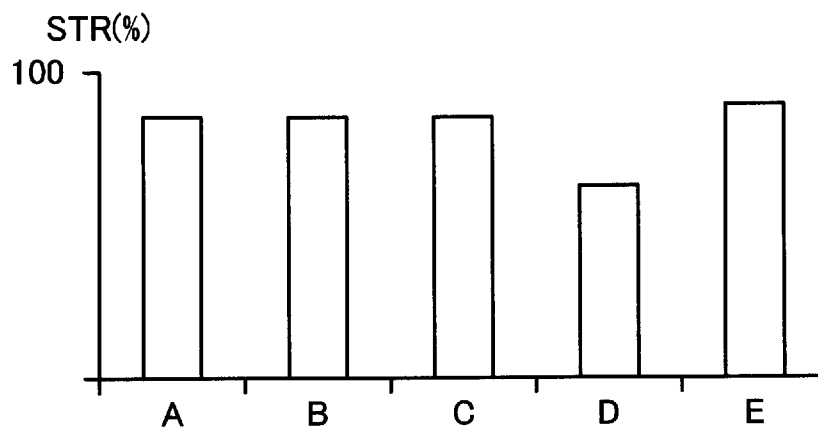
[図6]



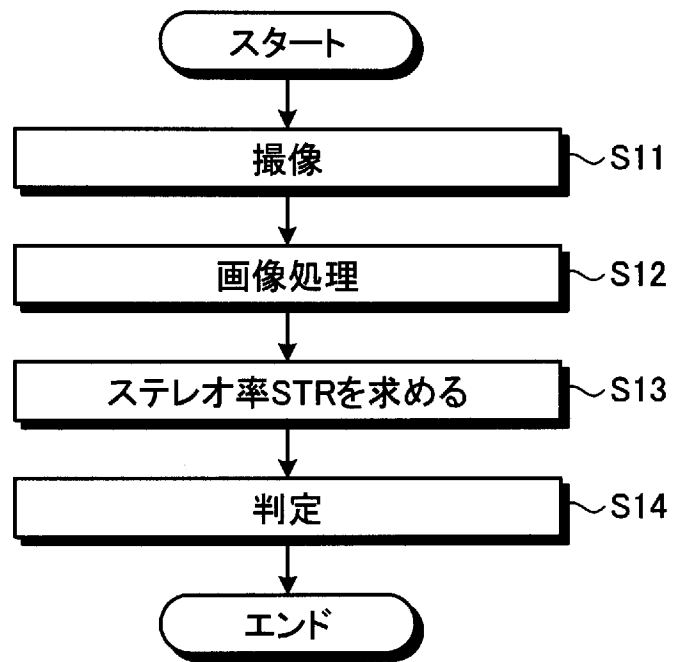
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/079240

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E02F9/26(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)

E02F9/26, G01C3/06, G01C15/00, B60R21/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2014-224411 A (Sumitomo Construction Machinery Co., Ltd., Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 04 December 2014 (04.12.2014), paragraphs [0007], [0011] to [0030]; fig. 1 (Family: none)	1-12
Y	JP 2007-037011 A (Toyota Motor Corp.), 08 February 2007 (08.02.2007), paragraphs [0001], [0017] to [0029]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-8, 10, 11
Y	JP 2001-043496 A (Fuji Heavy Industries Ltd.), 16 February 2001 (16.02.2001), paragraphs [0005], [0012] to [0033]; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 3, 5-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
11 November 2015 (11.11.15)

Date of mailing of the international search report
24 November 2015 (24.11.15)

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/JP2015/079240

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 2008-101416 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 01 May 2008 (01.05.2008), paragraphs [0005], [0006], [0027] to [0046]; fig. 1 to 11 (Family: none)	6, 7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E02F9/26(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E02F9/26, G01C3/06, G01C15/00, B60R21/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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	JP 2014-224411 A（住友建機株式会社, 住友重機械工業株式会社） 2014. 12. 04, [0007], [0011]-[0030], 図 1（ファミリーなし）	1-12
Y	JP 2007-037011 A（トヨタ自動車株式会社）2007. 02. 08, [0001], [0017]-[0029], 図 1, 2（ファミリーなし）	1-8, 10, 11
Y	JP 2001-043496 A（富士重工株式会社）2001. 02. 16, [0005], [0012]-[0033], 図 1, 2（ファミリーなし）	1, 3, 5-12

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

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 1 . 1 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 4 . 1 1 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官（権限のある職員）

桐山 愛世

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 4 1

2 D

3 8 1 5

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 2008-101416 A (日立建機株式会社) 2008.05.01, [0005], [0006], [0027]-[0046], 図 1-11 (ファミリーなし)	6, 7