

(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
2017 年 5 月 4 日(04.05.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/072877 A1

- (51) 国際特許分類:
E02F 9/26 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/080375
- (22) 国際出願日: 2015 年 10 月 28 日(28.10.2015)
- (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: 岩村 力 (IWAMURA, Tsutomu); 〒2548567
神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 番地 株式会社小
松製作所 開発本部内 Kanagawa (JP). 関 正暢
(SEKI, Masanobu); 〒2548567 神奈川県平塚市万田
1 2 0 0 番地 株式会社小松製作所 開発本部
内 Kanagawa (JP). 市原 将志 (ICHIHARA, Mas-
ashi); 〒2548567 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 番
地 株式会社小松製作所 開発本部内 Kanagawa
(JP). 嶋田 健二郎 (SHIMADA, Kenjiro); 〒5731011
大阪府枚方市上野 3 丁目 1 番 1 号 株式会社小

松製作所 開発本部内 Osaka (JP). 新谷 了
(SHINTANI, Satoru); 〒5731011 大阪府枚方市上野
3 丁目 1 番 1 号 株式会社小松製作所 開発本
部内 Osaka (JP). 島野 佑基 (SHIMANO, Yuki); 〒
5731011 大阪府枚方市上野 3 丁目 1 番 1 号 株
式会社小松製作所 開発本部内 Osaka (JP). 石橋
永至 (ISHIBASHI, Eiji); 〒9230392 石川県小松市符
津町ツ 2 3 株式会社小松製作所 開発本部内
Ishikawa (JP).

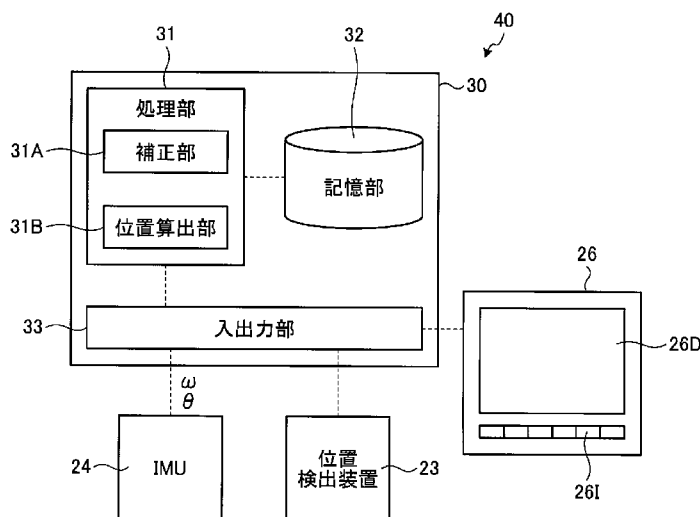
(74) 代理人: 特許業務法人酒井国際特許事務所
(SAKAI INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒
1000013 東京都千代田区霞が関 3 丁目 8 番 1 号
虎の門三井ビルディング Tokyo (JP).

(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,

[続葉有]

(54) Title: WORK MACHINE CALIBRATION DEVICE, WORK MACHINE, AND WORK MACHINE CALIBRATION METH-
OD

(54) 発明の名称: 作業機械の校正装置、作業機械及び作業機械の校正方法



- 23 Position detection device
24 IMU
31 Processing unit
31A Correction unit
31B Position calculation unit
32 Storage unit
33 Input/output unit

(57) Abstract: When correcting an error caused by a de-
viation, with respect to a work machine, of an orientation
detection device that outputs the orientation of the work
machine that has a turning body that turns with an imple-
ment mounted thereon, a work machine calibration
device corrects the error by using a first position that is
the position of a portion of the work machine when the
work machine is in a first orientation, and a second po-
sition that is the position of the portion when the work
machine is in a second orientation.

(57) 要約: 作業機が取り付けられて旋回する旋
回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢
検出装置の前記作業機械に対するずれに起因
する誤差を補正するにあたり、前記作業機械
が第 1 の姿勢であるときにおける前記作業機
械の一部分の位置である第 1 位置と、前記作
業機械が第 2 の姿勢であるときにおける前記
一部分の位置である第 2 位置とを用いて前記
誤差を補正する。



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.

MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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,

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲及び説明書 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称：

作業機械の校正装置、作業機械及び作業機械の校正方法

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の校正装置、作業機械及び作業機械の校正方法に関する。

背景技術

[0002] 旋回体を備えた作業機械において、作業姿勢を検出し、特定するための装置としてジャイロセンサを備えたものが知られている（例えば、特許文献1）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2015-001385号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 作業機械の姿勢を検出する装置（以下適宜、姿勢検出装置と称する）は、作業機械に取り付けられて、加速度を検出したり、角速度を検出したりする。姿勢検出装置は、作業機械に取り付けられるべき基準の位置に対してずれて取り付けられると、検出値に誤差を含む。誤差を含んだ検出値を用いて求められた作業機械の姿勢も誤差を含むので、姿勢検出装置の検出値に含まれる誤差を補正する必要がある。姿勢検出装置の基準となる軸が作業機械の前後方向における軸に対してヨー方向のずれが発生している場合、姿勢検出装置が検出する作業機の姿勢角が傾くことがある。

[0005] 本発明は、姿勢検出装置が作業機械の前後方向に対してヨー角がずれて設置されることで、傾きが発生することに起因する、姿勢検出装置の検出値に含まれる誤差を補正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、作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、前記作業機械が第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置と、前記作業機械が第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置とを用いて前記誤差を補正する、作業機械の校正装置である。
- [0007] 前記一部分の位置は、前記作業機の一部の位置であり、前記第1位置は、前記作業機械が傾斜面に設置され、かつ前記旋回体が第1の方向を向いているときの位置であり、前記第2位置は、前記作業機械が傾斜面に設置され、かつ前記旋回体が第2の方向を向いているときの位置であることが好ましい。
- [0008] 前記第1位置及び前記第2位置は、前記姿勢検出装置が出力したピッチ角が0度のときの位置であることが好ましい。
- [0009] 前記一部分の位置は、前記作業機械が有する前記作業機の一部の位置であることが好ましい。
- [0010] 前記第1位置及び前記第2位置は、前記作業機械以外の位置を基準として得られた前記一部分の位置であり、前記姿勢検出装置から出力された、前記作業機械の姿勢に関する情報を用いて求められることが好ましい。
- [0011] 前記作業機械の姿勢に関する情報を補正するためのパラメータを補正しながら、前記第1位置及び前記第2位置の再計算を繰り返し、前記第1位置と前記第2位置との差が閾値以下になったときの前記パラメータを用いて前記誤差を補正することが好ましい。
- [0012] 前記作業機械の姿勢に関する情報は、前記姿勢検出装置が出力したピッチ角及びロール角であることが好ましい。
- [0013] 本発明は、前述した作業機械の校正装置を有する、作業機械である。
- [0014] 本発明は、作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補

正するにあたり、前記作業機械が第１の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第１位置を取得し、前記作業機械が第２の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第２位置を取得し、前記第１位置及び前記第２位置を用いて前記誤差を補正する、作業機械の校正方法である。

[0015] 本発明は、姿勢検出装置が作業機械の前後方向に対してヨ一角がずれて設置されることで、傾きが発生することに起因する、姿勢検出装置の検出値に含まれる誤差を補正することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は、実施形態１に係る作業機械の斜視図である。

[図2]図２は、車体座標系を説明するための図である。

[図3]図３は、実施形態１に係る作業機械の校正装置を含む作業機械の校正システムの一例を示す図である。

[図4]図４は、油圧シヨベルが傾斜面に置かれた場合において、ＩＭＵが取付誤差を有する場合と有さない場合とを示す図である。

[図5]図５は、ＩＭＵが取付誤差を有さない場合における刃先の位置を説明するための図である。

[図6]図６は、ＩＭＵが取付誤差を有する場合における刃先の位置を説明するための図である。

[図7]図７は、実施形態１に係る作業機械の校正方法の処理例を示すフローチャートである。

[図8]図８は、ＩＭＵの計測誤差を補正するために油圧シヨベルを傾斜面に設置した状態を示す側面図である。

[図9]図９は、傾斜面に設置された油圧シヨベルの第１の姿勢を示す図である。

[図10]図１０は、傾斜面に設置された油圧シヨベルの第２の姿勢を示す図である。

[図11]図１１は、第１の姿勢における作業機の位置と第２の姿勢における作業機の位置との差を示す側面図である。

[図12]図12は、第1の姿勢における作業機の位置と第2の姿勢における作業機の位置との差を示す正面図である。

[図13]図13は、第1の姿勢及び第2の姿勢を得るための変形例を示す図である。

[図14]図14は、実施形態2において、第1の姿勢で第1位置を計測する例を示す図である。

[図15]図15は、実施形態2において、第2の姿勢で第2位置を計測する例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0017] 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。

[0018] 実施形態1.

<作業機械の全体構成>

図1は、実施形態1に係る作業機械の斜視図である。図2は、車体座標系を説明するための図である。本実施形態において、作業機械は油圧ショベル100である。油圧ショベル100は、車体1及び作業機2を有する。車体1は、旋回体3、運転室4及び走行体5を有する。旋回体3は、走行体5に、旋回中心軸Zrを中心として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。

[0019] 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 Kinematic - 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。

- [0020] 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 5 a, 5 b を有している。履帯 5 a, 5 b が回転することにより油圧ショベル 100 が走行する。
- [0021] 作業機 2 は、車体 1 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。ブーム 6 の基端部は、ブームピン 13 を介して車体 1 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。
- [0022] 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 の基端部は、ブームシリンダフットピン 10 a を介して旋回体 3 に回動可能に取り付けられている。ブームシリンダ 10 の先端部は、ブームシリンダトップピン 10 b を介してブーム 6 に回動可能に取り付けられている。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。
- [0023] アームシリンダ 11 の基端部は、アームシリンダフットピン 11 a を介してブーム 6 に回動可能に取り付けられている。アームシリンダ 11 の先端部は、アームシリンダトップピン 11 b を介してアーム 7 に回動可能に取り付けられている。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。
- [0024] バケットシリンダ 12 の基端部は、バケットシリンダフットピン 12 a を介してアーム 7 に回動可能に取り付けられている。バケットシリンダ 12 の先端部は、バケットシリンダトップピン 12 b を介して第 1 リンク部材 47

の一端及び第2リンク部材48の一端に回動可能に取り付けられている。第1リンク部材47の他端は、第1リンクピン47aを介してアーム7の先端部に回動可能に取り付けられている。第2リンク部材48の他端は、第2リンクピン48aを介してバケット8に回動可能に取り付けられている。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。

[0025] 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。刃8Bの先端は、刃先8BT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。

[0026] 旋回体3には、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、作業機械の校正装置30と、油圧シヨベル100を制御する制御装置25とが取り付けられている。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。本実施形態では、方位角 θ_d によって旋回体3の方位が表される。方位角 θ_d 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。本実施形態において、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 θ_d を算出する。

[0027] 次に、座標系について説明する。前述した車体座標系(X_m , Y_m , Z_m)は、車体1、本実施形態では旋回体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り、 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。 X_m 軸は、旋回体3の前後方向における基準軸である。前述したグローバル座標系(X_g , Y_g , Z_g)は、GNSS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。IMU24は、図1に示されるように、自身の座標系(X_i , Y_i , Z_i)を有している。

[0028] 本実施形態において、IMU24は、運転室4の下方に設置される。IMU24は、油圧シヨベル100に作用する加速度を検出する。IMU24は、車体1、本実施形態では旋回体3の幅方向の傾斜角を検出することができる。本実施形態において、車体1の幅方向は、ブームピン13の軸方向と平行な方向である。車体1の幅方向の傾斜角は、図2に示される車体座標系(X_m , Y_m , Z_m)の X_m 軸周りにおける角度 θ_r である。以下において、角度 θ_r を適宜、ロール角 θ_r と称する。

[0029] IMU24は、検出した角速度から、重力が作用する方向に対する車体1、本実施形態では旋回体3の前後方向の傾斜角を検出することができる。車体1の前後方向は、図2に示される車体座標系(X_m , Y_m , Z_m)の X_m 軸が延びる方向である。車体1の前後方向の傾斜角は、図2に示される車体座標系(X_m , Y_m , Z_m)の Y_m 軸周りにおける角度 θ_p である。以下において、角度 θ_p を適宜、ピッチ角 θ_p と称する。

[0030] IMU24は、油圧シヨベル100の加速度、角速度、ロール角 θ_r 、ピッチ角 θ_p 及びヨー角 θ_y といった油圧シヨベル100の制御に必要な情報を1つの装置で求めることができる。制御装置25は、作業機2の位置、例えばバケット8の刃先8BTの、グローバル座標系における位置を用いて、作業機2を制御する。グローバル座標系における作業機2の位置を求めるにあたり、ロール角 θ_r 、ピッチ角 θ_p 及び方位角 θ_d が用いられる。本実施

形態では、作業機械の校正装置 30 が作業機 2 の位置を求めるが、作業機 2 の位置は、制御装置 25 によって求められてもよいし、制御装置 25 以外の機器によって求められてもよい。

[0031] <作業機械の校正装置 30 及び作業機械の校正システム 40>

図 3 は、実施形態 1 に係る作業機械の校正装置 30 を含む作業機械の校正システム 40 の一例を示す図である。作業機械の校正システム 40 は、作業機械の校正装置 30 と、位置検出装置 23 と、IMU 24 と、入出力装置 26 とを含む。本実施形態において位置検出装置 23 は必ずしも必要ではない。以下において、作業機械の校正装置 30 を適宜、校正装置 30 と称し、作業機械の校正システム 40 を適宜、校正システム 40 と称する。

[0032] 校正装置 30 は、処理部 31、記憶部 32 及び入出力部 33 を有する。処理部 31 は、補正部 31A 及び位置算出部 31B を有する。処理部 31 は、例えば、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサ及びメモリである。処理部 31 は、実施形態に係る作業機械の校正方法を実行する。補正部 31A は、主に、本実施形態に係る作業機械の校正方法を実行することにより、IMU 24 が油圧ショベル 1 の前後方向に対してヨー角がずれて設置されることで、傾きが発生することに起因する、IMU 24 の検出値に含まれる誤差を補正する。位置算出部 31B は、主に、補正された IMU 24 の検出値を用いて作業機 2 の位置を求める。

[0033] 記憶部 32 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。

[0034] 記憶部 32 は、実施形態に係る作業機械の校正方法を処理部 31 に実行させるためのコンピュータプログラム、及び処理部 31 が実施形態に係る作業機械の校正方法を実行する際に使用される情報を記憶する。処理部 31 は、

記憶部 32 から前述したコンピュータプログラムを読み込んで実行することにより、実施形態に係る作業機械の校正方法を実現する。入出力部は、校正装置 30 と、機器類とを接続するためのインターフェース回路である。入出力部 33 には、IMU 24、位置検出装置 23 及び入出力装置 26 が接続される。

[0035] 入出力装置 26 は、表示部 26D と入力部 26I とを有する。入出力装置 26 の表示部 26D は、例えば、校正装置 30 の計算結果及び校正装置 30 へ入力する情報を表示する。表示部 26D は、液晶ディスプレイ又は有機 EL (Electro Luminescence) ディスプレイ等であるが、これらに限定されない。入力部 26I は、校正装置 30 に情報を入力するボタン式の入力キーであるが、このようなものに限定されない。

[0036] 車体座標系の基準位置となる、旋回体 3 の旋回中心に IMU 24 を配置することはできないので、IMU 24 の座標系 (X_i, Y_i, Z_i) と、車体座標系 (X_m, Y_m, Z_m) とは異なる。IMU 24 は、IMU 24 の座標系 (X_i, Y_i, Z_i) の X_i 軸と車体座標系 (X_m, Y_m, Z_m) の X_m 軸とが平行になっていれば、IMU 24 が検出した角速度及び加速度から求められるロール角 θ_r 及びピッチ角 θ_p の精度が保証される。本実施形態においては、 X_i 軸が IMU 24 の基準となる軸である。IMU 24 の X_i 軸が車体座標系の X_m 軸に対してヨ一角のずれを有する、すなわち角度ずれを有すると、油圧シヨベル 100 の一部である旋回体 3 に取り付けられた IMU 24 は、旋回体 3 に対して角度ずれを有する。この角度ずれを、以下においては適宜、取付誤差と称する。IMU 24 の油圧シヨベル 100 に対するずれを表す。IMU 24 が取付誤差を有する場合、IMU 24 が検出し、校正装置 30 が認識する油圧シヨベル 100 のピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r は誤差を含む。すなわち、IMU 24 の検出値は、IMU 24 の取付誤差に起因する誤差を含む。この誤差を、以下においては適宜、計測誤差と称する。

[0037] 図 4 は、油圧シヨベル 100 が傾斜面 PD に置かれた場合において、IM

U 2 4 が取付誤差を有する場合と有さない場合とを示す図である。図 5 は、I M U 2 4 が取付誤差を有さない場合における刃先 8 B T の位置を説明するための図である。図 6 は、I M U 2 4 が取付誤差を有する場合における刃先 8 B T の位置を説明するための図である。

[0038] 図 4 は、水平面からの傾斜角が ϕ である傾斜面 P D に、図 1 に示される油圧ショベル 1 0 0 が置かれたときの I M U 2 4 の状態を示している。図 4 中の A は、I M U 2 4 の座標系の X_i 軸と車体座標系の X_m 軸とが平行になっている場合を示す。すなわち、I M U 2 4 が取付誤差を有さない場合を示す。図 4 中の B は、I M U 2 4 の座標系の X_i 軸と車体座標系の X_m 軸とが平行になっていない場合を示す。この例は、I M U 2 4 が取付誤差を有する場合を示す。具体的には、図 1 に示される I M U 2 4 の座標系の X_i 軸周りに I M U 2 4 が回転して車体 1、本実施形態では旋回体 3 に取り付けられた結果、I M U 2 4 の座標系の X_i 軸が車体座標系の X_m 軸に対して角度 $\Delta \theta_y$ だけずれている状態である。すなわち、I M U 2 4 が油圧ショベル 1 0 0 の前後方向に対してヨ一方向のずれが発生して取り付けられている状態である。

[0039] I M U 2 4 が取付誤差を有さない場合、ピッチ角 θ_p は 0 度であり、ロール角 θ_r は ϕ になる。I M U 2 4 が取付誤差を有する場合、ピッチ角 θ_p は 0 度とは異なる値となり、ロール角 θ_r は ϕ とは異なる値になる。

[0040] 図 5 及び図 6 において、作業機 2 が有するバケット 8 の刃先 8 B T の実際の高さは H_r 、図 3 に示される校正装置 3 0 が認識するバケット 8 の刃先 8 B T の高さは H_b であるとする。I M U 2 4 の取付誤差を有さない油圧ショベル 1 0 0 が傾斜面 P D に置かれている場合、図 1 に示される旋回体 3 が旋回すると、図 5 に示されるように校正装置 3 0 が認識する刃先 8 B T の高さ H_b は、実際の高さ H_r と変わらない。実際の高さ H_r は、基準面 P H から刃先 8 B T の位置までの高さである。I M U 2 4 の取付誤差を有する油圧ショベル 1 0 0 が傾斜面 P D に置かれている場合、図 1 に示される旋回体 3 が旋回すると、図 6 に示されるように校正装置 3 0 が認識する旋回体 3 の刃先

8 B T の高さ H_b は、実際の高さ H_r とは異なる。

[0041] 一例として、IMU 24 の座標系の X_i 軸が車体座標系の X_m 軸に対してずれている角度、すなわち IMU 24 の取付誤差が ± 1 度程度である油圧ショベル 100 を考える。この油圧ショベル 100 が傾斜面 PD に置かれている場合に旋回体 3 を回動させると、校正装置 30 が認識する刃先 8 B T の高さ H_b には誤差が含まれる。傾斜面 PD の傾きが大きくなると、作業機 2 が最大リーチの状態になったとき、校正装置 30 が認識する刃先 8 B T の高さ H_b には、作業機 2 を設計面に沿って動作させる制御を行うための精度を保証できない程度の誤差が含まれることがある。

[0042] ピッチ角 θ_p はバケット 8 の刃先 8 B T の位置への影響があること、ロール角 θ_r はバケット 8 の刃先の並行度に影響することから、IMU 24 のピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r については、設置時の傾き補正が行われる。油圧ショベル 1 が大型になると、IMU 24 の取付誤差が、傾斜面でピッチ角 θ_p の誤差に与える影響が大きくなる結果、傾斜面における刃先 8 B T の位置精度に影響が出てくることが判明した。このため、本実施形態では、IMU 24 の計測誤差を補正する。

[0043] 校正装置 30 が認識する刃先 8 B T の高さ H_b に含まれる誤差は、油圧ショベル 100 が置かれる斜面の下方から上方に向かう方向と、車体座標系の X_m 軸とが直交する状態となるとときに最大となる。校正装置 30 及び本実施形態に係る校正方法は、IMU 24 が取付誤差を有する場合に、IMU 24 の検出値を補正することにより計測誤差を補正する。次に、校正装置 30 が本実施形態に係る校正方法を実行して、IMU 24 の計測誤差を補正する処理を説明する。

[0044] <取付誤差の補正>

図 7 は、実施形態 1 に係る作業機械の校正方法の処理例を示すフローチャートである。図 8 は、IMU 24 の計測誤差を補正するために油圧ショベル 100 を傾斜面 PD に設置した状態を示す側面図である。図 9 は、傾斜面 PD に設置された油圧ショベル 100 の第 1 の姿勢 FF を示す図である。図 1

0は、傾斜面PDに設置された油圧ショベル100の第2の姿勢FSを示す図である。図11は、第1の姿勢FFにおける作業機2の位置と第2の姿勢FSにおける作業機2の位置との差を示す側面図である。図12は、第1の姿勢FFにおける作業機2の位置と第2の姿勢FSにおける作業機2の位置との差を示す正面図である。

[0045] 本実施形態においてIMU24の計測誤差が補正される場合、図8に示されるように、補正対象のIMU24を有する油圧ショベル100は、傾斜角 ϕ である傾斜面PDに設置される。この状態で、校正装置30の補正部31Aは、油圧ショベル100が図9及び図11に示される第1の姿勢FFであるときにおける油圧ショベル100の一部分Pmの位置である第1位置Pfを取得する（ステップS101）。次に、校正装置30の補正部31Aは、油圧ショベル100が図10及び図11に示される第2の姿勢FSであるときにおける油圧ショベル100の一部分Pmの位置である第2位置Psを取得する（ステップS102）。

[0046] 第1位置Pfは、油圧ショベル100が傾斜面PDに設置され、かつ旋回体3が第1の方向を向いているときの位置であり、第2位置Psは、油圧ショベル100が傾斜面PDに設置され、旋回体3が第2の方向を向いているときの位置である。すなわち、第1位置Pfと第2位置Psとは、旋回体3の向きが異なるときにおける異なる2つの位置である。

[0047] 本実施形態において、油圧ショベル100の一部分Pmは、旋回体3及びこれに取り付けられた作業機2の一部であって、旋回体3の旋回中心上以外の位置であればよい。この例では、一部分Pmは、作業機2の一部、より具体的には図1に示されるアームシリンダトップピン11bの部分であるが、この部分に限定されるものではない。

[0048] 第1の姿勢FF及び第2の姿勢FSは、IMU24が出力したピッチ角 θ_p が0度となるときの姿勢である。すなわち、第1位置Pf及び第2位置Psは、IMU24が出力したピッチ角 θ_p が0度となるときの位置である。傾斜面PDの下方から上方に向かう方向を傾斜方向DDとする。傾斜方向D

Dと水平面とのなす角度は傾斜角 ϕ である。傾斜方向DDと直交する方向は水平面と平行である。IMU24が出力したピッチ角 θ_p が0度となった場合とは、IMU24の座標系におけるY_i軸が傾斜方向DDと平行になった場合である。

[0049] 第2の姿勢FSは、作業機2の姿勢が第1の姿勢FFとは異なる姿勢である。本実施形態において、第2の姿勢FSは、IMU24が出力したピッチ角 θ_p が0度である第1の姿勢FFの状態から旋回体3が旋回して、IMU24が出力したピッチ角 θ_p が再び0度となったときの姿勢である。この場合、旋回体3は、180度旋回することになる。

[0050] 本実施形態において、第1位置Pf及び第2位置Psは、旋回体3の向きが180度異なるときにおける異なる2つの位置であるが、このような位置関係には限定されない。例えば、第1位置Pf及び第2位置Psは、旋回体3の向きが180度以外の大きさに異なるときにおける異なる2つの位置であってもよい。この場合、異なる2つの向きの間における大きさに応じて、第1位置Pf及び第2位置Pfを補正する必要がある。旋回体3の向きが180度異なるときにおける異なる2つの位置を、第1位置Pf及び第2位置Psとすることにより、第1位置Pf及び第2位置Pfの補正が不要になるので、好ましい。

[0051] 第1位置Pf及び第2位置Psは、図9及び図10に示される外部計測装置TSによって計測される。本実施形態において、外部計測装置TSは、例えば、トータルステーションと呼ばれる計測装置であるが、これに限定されない。本実施形態において、第1位置Pf及び第2位置Psは、グローバル座標系(X_g, Y_g, Z_g)における位置であるが、これに限定されない。第1位置Pf及び第2位置Psは、図3に示される入出力装置26から校正装置30に入力されてもよい。また、外部計測装置TSが校正装置30の入出力部33に接続されることにより、校正装置30は外部計測装置TSから直接第1位置Pf及び第2位置Psを取得してもよい。

[0052] IMU24が取付誤差を有する場合、第1位置Pfと第2位置Psとは異

なる。例えば、図 11 及び図 12 に示されるように、第 1 位置 P f の基準面 P H からの高さ H f と第 2 位置 P s の基準面 P H からの高さ H s とが異なる。その結果、高さ H f と高さ H s との差 Δh が生じる。IMU 24 の取付誤差に起因する一部分 P m の高さの誤差 D は、 $\Delta h / 2$ となる。

[0053] 本実施形態において、校正装置 30 の補正部 31 A は、第 1 位置 P f と第 2 位置 P s とを用いて、IMU 24 の計測誤差を補正する（ステップ S 103）。例えば、校正装置 30 は、第 1 位置 P f と第 2 位置 P s との差 Δh から得られる誤差 D を用いて IMU 24 の計測誤差を補正する。第 2 の姿勢 F S のときにおける真のピッチ角 θ_{pt2} と、誤差 D と、車体座標系の原点から作業機 2 の一部分 P m までの距離 L との関係は、傾斜角 ϕ 及び角度 $\Delta \theta_y$ を用いて、式（1）で求められる。

$$\sin \theta_{pt2} = D / L = \sin \phi \times \sin \Delta \theta_y \cdots (1)$$

[0054] 距離 L は、車体座標系の原点から一部分 P m までの距離であり、車体座標系の X m 方向における距離である。距離 L は、作業機 2 の姿勢及び寸法から求められる。傾斜角 ϕ は、第 1 位置 P f 及び第 2 位置 P s の計測時に、油圧シヨベル 100 が設置される傾斜面 P D の傾斜角である。傾斜角 ϕ は、油圧シヨベル 100 が第 1 の姿勢 F F から第 2 の姿勢 F S に変化する際に旋回体 3 が旋回したとき、IMU 24 が検出し、出力したロール角 θ_r のピーク値である。 $\Delta \theta_y$ は、ヨ一角誤差である。ヨ一角誤差 $\Delta \theta_y$ は、IMU 24 の座標系の X i 軸が車体座標系の X m 軸に対してずれていたときの X i 軸と X m 軸とのなす角度である。ヨ一角誤差 $\Delta \theta_y$ は、IMU 24 が Z i 軸の周りに回転して油圧シヨベル 100、本実施形態では旋回体 3 に取り付けられることによって発生する誤差である。

[0055] 式（1）を変形してヨ一角誤差 $\Delta \theta_y$ について解くと、式（2）が得られる。

$$\Delta \theta_y = \sin^{-1} \{ (D / L) \times (1 / \sin \phi) \} \cdots (2)$$

[0056] 校正装置 30 の補正部 31 A は、式（2）に誤差 D と、距離 L と、IMU 24 の検出値から得られた傾斜角 ϕ とを与えてヨ一角誤差 $\Delta \theta_y$ を求める。

校正装置 30 の補正部 31 A は、得られたヨ一角誤差 $\Delta \theta y$ を、図 3 に示される記憶部 32 に記憶させる。校正装置 30 の処理部 31、より具体的には、図 3 に示される位置算出部 31 B は、記憶部 32 からヨ一角誤差 $\Delta \theta y$ を読み出し、これを用いて IMU 24 が検出し、出力した加速度及び角度を補正する。

[0057] 式 (3) は、IMU 24 が検出し、出力した加速度の補正值 G_{xn} , G_{yn} , G_{zn} を示す。位置算出部 31 B は、IMU 24 から取得した加速度を補正する場合、式 (3) をヨ一角誤差 $\Delta \theta y$ で補正する。

[0058] [数1]

$$\begin{pmatrix} G_{xn} \\ G_{yn} \\ G_{zn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Delta \theta y & -\sin \Delta \theta y & 0 \\ \sin \Delta \theta y & \cos \Delta \theta y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \\ G_z \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

[0059] 位置算出部 31 B は、ヨ一角誤差 $\Delta \theta y$ を用いて、IMU 24 から取得した角度、本実施形態ではピッチ角 θp 及びロール角 θr を補正する。式 (4) は、補正後のロール角 θrn を示す。式 (5) は、補正後のピッチ角 θpn を示す。位置算出部 31 B は、記憶部 32 から読み出したヨ一角誤差 $\Delta \theta y$ 、IMU 24 から出力されたロール角 θr 及びピッチ角 θp を式 (4) 及び式 (5) に与えることにより、補正後のロール角 θrn 及び補正後のピッチ角 θpn を求める。作業機 2 の位置は、補正後のロール角 θrn 及び補正後のピッチ角 θpn 及び方位角 θd を用いて求められる。

[0060] [数2]

$$\theta rn = \tan^{-1} \left(\sqrt{1 + (\tan \theta r)^2} \tan \theta p \cdot \sin \Delta \theta y + \tan \theta r \cdot \cos \Delta \theta y \right) \quad \dots (4)$$

[0061] [数3]

$$\theta pn = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{1 + (\tan \theta r)^2} \tan \theta p \cdot \cos \Delta \theta y - \tan \theta r \cdot \sin \Delta \theta y}{\sqrt{\left(\sqrt{1 + (\tan \theta r)^2} \tan \theta p \cdot \sin \Delta \theta y + \tan \theta r \cdot \cos \Delta \theta y \right)^2 + 1}} \right) \quad \dots (5)$$

[0062] 作業機 2 の位置として、バケット 8 の刃先 8 B T の位置 (以下、刃先位置と称する) を求める例を説明する。刃先位置を P B とすると、車体座標系 (

X_m, Y_m, Z_m) における刃先位置 P_B は、作業機 2 の寸法及び姿勢から求められる。得られた刃先位置 P_B は、例えば、式 (1) によって、車体座標系 (X_m, Y_m, Z_m) からグローバル座標系 (X_g, Y_g, Z_g) の値に変換される。

$$P_{Bg} = R \cdot P_{Bm} + T \cdots (6)$$

[0063] 式 (6) 中の P_{Bg} はグローバル座標系 (X_g, Y_g, Z_g) における刃先位置 P_B 、 P_{Bm} は車体座標系における刃先位置 P_B 、 R は式 (7) で示される回転行列、 T は式 (8) で示される並進ベクトルである。

[0064] [数4]

$$R = \begin{pmatrix} \cos\theta_d & -\sin\theta_d & 0 \\ \sin\theta_d & \cos\theta_d & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta_p & 0 & \sin\theta_p \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta_p & 0 & \cos\theta_p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_r & -\sin\theta_r \\ 0 & \sin\theta_r & \cos\theta_r \end{pmatrix} \cdots (7)$$

[0065] [数5]

$$T = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} \cdots (8)$$

[0066] 式 (7) から分かるように、回転行列 R には、ロール角 θ_r 、ピッチ角 θ_p 及び方位角 θ_d が含まれる。ロール角 θ_r 及びピッチ角 θ_p は IMU 24 が検出し、出力した値である。方位角 θ_d は、位置検出装置 23 がアンテナ 21, 22 の相対位置から算出し、出力した値である。並進ベクトル T は、位置検出装置 23 によって検出された、グローバル座標系 (X_g, Y_g, Z_g) におけるアンテナ 21, 22 の位置と、車体座標系 (X_m, Y_m, Z_m) との位置関係から求められる。

[0067] <変形例 1>

第 2 の姿勢 FS のときにおける真のピッチ角 θ_{pt2} は、誤差 D 及び車体座標系の原点から作業機 2 の一部分 P_m までの距離 L を用いると、式 (9) で求められる。

$$\theta_{pt2} = \sin^{-1}(D/L) \cdots (9)$$

[0068] 校正装置30の補正部31Aは、式(9)を用いて真のピッチ角 θ_{pt2} を求める。真のピッチ角 θ_{pt2} と、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ と、IMU24が検出し、出力したロール角 θ_r 及びピッチ角 θ_p との関係は、式(4)及び式(5)から求めることができる。

[0069] <変形例2>

図13は、第1の姿勢FF及び第2の姿勢FSを得るための変形例を示す図である。前述した例では、図8に示されるように、油圧ショベル100を傾斜面PDに設置した。変形例は、図13に示されるように、油圧ショベル100の走行体5の一部を台TBに乗り上げさせることにより、油圧ショベル100を傾斜面PDに設置した場合と同様の姿勢を作り出すことができる。台TBを用いることにより、傾斜面PDが存在しない場所でも、台TBを用意することにより、校正装置30は、IMU24の取付誤差に起因する計測誤差を補正することができる。

[0070] 本実施形態及びその変形例は、IMU24が油圧ショベル100の前後方向に対してヨー角がずれて設置されることで、傾きが発生することに起因する、IMU24の検出値に含まれる誤差を補正することができる。IMU24のヨー方向の取付誤差は、IMU24が取り付けられる油圧ショベル100の車体1が水平な状態においては、作業機2の位置が求められる際の精度にはほとんど影響を与えないが、傾斜地に油圧ショベル100が置かれたときに、作業機2の位置が求められる際の精度は低下する。特に、油圧ショベル100の車体1がロールした姿勢で、作業機2の位置が求められる際の精度は低下する。

[0071] 本実施形態及びその変形例は、油圧ショベル100の車体1を傾斜させた姿勢を少なくとも1つ含む2つの姿勢で計測された、油圧ショベル100の一部の部分の位置を2つ用いて、IMU24の取付誤差に起因する計測誤差を補正する。このように、ヨー方向におけるIMU24の取付誤差の影響が出やすい油圧ショベル100が傾斜した姿勢が少なくとも1つ、本実施形態では2つ用いられるので、IMU24のヨー方向における取付誤差に起因す

る計測誤差を補正するための補正量が容易に得られる。

[0072] 本実施形態及びその変形例は、油圧ショベル100の車体1がロールした姿勢、すなわちIMU24が出力したピッチ角 θ_p が0度である第1の姿勢FF及び第2の姿勢FSで、それぞれ第1位置Pf及び第2位置Psを計測する。このようにして計測された第1位置Pf及び第2位置Psから、IMU24のヨー方向における取付誤差を補正するための補正量、すなわちヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ が求められる。このように、第1位置Pfと第2位置Psとは、作業機2の位置の精度が大きく低下する姿勢で得られるので、両者の差分は大きくなる。その結果、第1位置Pf及び第2位置Psの計測誤差の影響を低減できるので、前述した補正量の精度低下が抑制される。

[0073] 本実施形態及びその変形例は、外部計測装置TSを用いて油圧ショベル100の一部分Pmを計測するので、IMU24が検出し、出力したピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r を高い精度で補正することができる。また、本実施形態及びその変形例は、外部計測装置TSにより、GPS等の測位衛星を用いた計測が不要になるので、測位衛星を用いた計測における測位誤差の影響を受けない。その結果、本実施形態及びその変形例は、IMU24が検出し、出力したピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r を高い精度で補正することができる。

[0074] 本実施形態及びその変形例の構成は、以下においても適宜適用できる。

[0075] 実施形態2.

図14は、実施形態2において、第1の姿勢FFで第1位置Pfを計測する例を示す図である。図15は、実施形態2において、第2の姿勢FSで第2位置Psを計測する例を示す図である。本実施形態において、油圧ショベル100、位置検出装置23、IMU24、制御装置25、校正装置30及び校正システム40は、実施形態1と同様なので、説明を省略する。次においては、図7に示されるフローチャートを用いて、実施形態2に係る作業機械の校正方法の処理例が説明される。

[0076] 本実施形態において、図14に示される第1位置Pf及び第2位置Psは

、油圧ショベル１００の一部分、この例では油圧ショベル１００以外の位置（以下、適宜計測位置と称する）を基準として得られた、作業機２の一部分 P_m の位置である。本実施形態において、計測位置は、基準面 P_H の一部 P_{Hbs} である。計測位置は、第１位置 P_f が計測されるときと第２位置 P_s が計測されるときとで不動又は同一の位置であればよく、基準面 P_H の一部 P_{Hbs} には限定されない。以下において、基準面 P_H の一部 P_{Hbs} を適宜、計測位置 P_{Hbs} と称する。

[0077] 第１位置 P_f 及び第２位置 P_s は、IMU 24から出力された、油圧ショベル１００の姿勢に関する情報を用いて求められる。油圧ショベル１００の姿勢に関する情報は、ロール角 θ_r 、ピッチ角 θ_p 及び方位角 θ_d が例示される。

[0078] 本実施形態において、作業機２の一部分 P_m は、バケット８の刃先 $8BT$ である。第１位置 P_f は、油圧ショベル１００が第１の姿勢 FF であるときに、刃先 $8BT$ が計測位置 P_{Hbs} に接したときにおける刃先 $8BT$ の位置である。第２位置 P_s は、油圧ショベル１００が第２の姿勢 FS であるときに、刃先 $8BT$ が計測位置 P_{Hbs} に接したときにおける刃先 $8BT$ の位置である。このように、第１位置 P_f 及び第２位置 P_s は、バケット８の同じ刃先 $8BT$ が、基準とした点の同一部分に接した状態で得られる。刃先 $8BT$ の位置は、IMU 24から出力された、油圧ショベル１００の姿勢に関する情報であるロール角 θ_r 及びピッチ角 θ_p を用いて、図３に示される校正装置３０の位置算出部３１Ｂが求める。本実施形態において、刃先 $8BT$ の位置を求めるにあたっては、IMU 24から出力されたロール角 θ_r 及びピッチ角 θ_p に加えて、作業機２の位置方位角 θ_d 、作業機２の姿勢及び寸法が用いられる。

[0079] 第１の姿勢 FF は、油圧ショベル１００が基準面 P_H 上に設置されている状態での油圧ショベル１００の姿勢である。第２の姿勢 FS は、油圧ショベル１００が、基準面 P_H に対して傾斜する傾斜面 PD 上に設置されている状態での油圧ショベル１００の姿勢である。校正装置３０の補正部３１Ａは、

油圧ショベル100が第1の姿勢FFであるときにおける第1位置Pfを取得する（図7におけるステップS101）。次に、校正装置30の補正部31Aは、油圧ショベル100が第2の姿勢FSであるときにおける第2位置Psを取得する（図7におけるステップS102）。

[0080] IMU24から出力されたヨー角 θ_y がヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を含む場合、第1位置Pfと第2位置Psとは一致しない。ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ が存在すると、IMU24が出力するピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r も誤差を含むからである。ピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r を補正するため、図3に示される校正装置30の補正部31Aは、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を補正し、前述した式（4）及び式（5）を用いて補正後のピッチ角 θ_{pn} 及び補正後のロール角 θ_{rn} を求める。位置算出部31Bは、補正後のピッチ角 θ_{pn} 及び補正後のロール角 θ_{rn} を用いて、第1位置Pf及び第2位置Psを再計算する。

[0081] 補正部31Aは、位置算出部31Bによって求められた第1位置Pfと第2位置Psとの差（以下、適宜、位置差分と称する）を求めて、閾値と比較する。補正部31Aは、位置差分が閾値以下になったか否かを判定する。位置差分が閾値よりも大きい場合、補正部31A及び位置算出部31Bは、位置差分が閾値以下になるまで、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ の補正及び第1位置Pf及び第2位置Psの再計算を繰り返す。補正部31Aは、第1位置Pfと第2位置Psとの差が閾値以下になったときのヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を、IMU24のヨー方向における取付誤差として、図3に示される記憶部32に記憶させる。位置算出部31Bは、記憶部32からヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を読み出し、式（4）及び式（5）を用いてIMU24が検出し、出力した加速度及びピッチ角 θ_p 及びロール角 θ_r を補正する。このように、校正装置30は、第1位置Pf及び第2位置Psを用いて得られたヨー角誤差 θ_y を用いて、IMU24の計測誤差を補正する（図7におけるステップS103）。

[0082] 補正部31Aは、油圧ショベル100の姿勢に関する情報を補正するためのパラメータ、本実施形態ではヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を用いて補正しながら、第1位置Pf及び第2位置Psの再計算を繰り返す。そして、校正装置30の

補正部 31A は、第 1 位置 P_f と第 2 位置 P_s との差（以下、適宜、位置差分と称する）が閾値以下になったときのヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を用いて、IMU 24 の取付誤差に起因する計測誤差を補正する。

[0083] このようにして、校正装置 30 は、IMU 24 が油圧ショベル 100 の前後方向に対して傾いてヨー方向のずれが発生していることに起因する、IMU 24 の検出値に含まれる誤差を補正することができる。本実施形態において補正部 31A がヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を補正する場合、補正部 31A は、例えば、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ の初期値を定め、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ が初期値から増加する方向と減少する方向との両方に、初期値から所定の大きさにヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を変化させる。例えば、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ の初期値は 0 度、所定の大きさは 0.01 度とすることができるがこれらの値には限定されない。

[0084] 位置差分と比較される閾値は限定されるものではないが、例えば、距離の絶対値が用いられる。この場合、閾値は、例えば GNSS の計測誤差程度とすることができる。また、再計算によって得られた第 1 位置 P_f と第 2 位置 P_s との差が、補正前における第 1 位置 P_f と第 2 位置 P_s との差の所定の割合以下になったときのヨー角 θ_y を用いて、計測誤差を補正してもよい。この場合、閾値は、補正前における第 1 位置 P_f と第 2 位置 P_s との差の所定の割合となる。所定の割合は、例えば、1%又は 5%とすることができるが、これらの値に限定されない。

[0085] 位置算出部 31B は、IMU 24 から取得した加速度を補正する場合、ヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ で補正する。位置算出部 31B は、IMU 24 によって検出され、出力されたロール角 θ_r 及びピッチ角 θ_p を、位置差分が閾値以下になったときのヨー角誤差 $\Delta\theta_y$ を補正值として用いることにより補正する。

[0086] 本実施形態は、油圧ショベル 100 の車体 1 を傾斜させた姿勢を少なくとも 1 つ含む 2 つの姿勢で計測された、油圧ショベル 100 の一部の部分の位置を用いて、IMU 24 の取付誤差に起因する計測誤差を補正する。このとき、油圧ショベル 100 の一部の部分の位置は、油圧ショベル 100 以外の計測位置 P_{Hbs} を基準として計測される。このように、本実施形態は、ヨ

一方向におけるIMU24の取付誤差の影響が出やすい、油圧ショベル100が傾斜した姿勢を少なくとも1つ用いるので、IMU24のヨ一方向における取付誤差を補正するための補正量が容易に得られる。本実施形態は、外部計測装置TSは不要なので、外部計測装置TSがない場所、例えば油圧ショベル100の作業現場であっても、IMU24の取付誤差に起因する計測誤差を補正できる。

[0087] 本実施形態において、基準面PHの計測位置PHbsにバケット8の刃先8BTを接触させたが、刃先8BTと計測位置PHbsとの位置関係が分かれば、計測位置PHbsと刃先8BTとを接触させなくてもよい。例えば、校正装置30は、計測位置PHbsの鉛直方向における上方の所定位置に、刃先8BTを静止させたときのIMU24の出力を用いて、第1位置Pf及び第2位置Psを求めてもよい。このように、第1位置Pf及び第2位置Psは、油圧ショベル100以外の位置を基準として得られた、油圧ショベル100の一部分の位置であればよい。また、油圧ショベル100の一部分の位置は、バケット8の刃先8BTに限定されず、例えば、バケット8の尻部又は図1に示される第2リンク部材48の一部であってもよい。

[0088] 以上、実施形態1、その変形例及び実施形態2を説明したが、上述した内容によりこれらが限定されるものではない。また、上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。さらに、上述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、実施形態1、その変形例及び実施形態2の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

符号の説明

- [0089] 1 車体
2 作業機
3 旋回体
4 運転室
5 走行体

6 ブーム
7 アーム
8 バケット
8 B 刃
8 B T 刃先
1 0 ブームシリンダ
1 1 アームシリンダ
1 2 バケットシリンダ
1 3 ブームピン
1 4 アームピン
1 5 バケットピン
2 3 位置検出装置
2 5 制御装置
2 6 入出力装置
3 0 校正装置
3 1 処理部
3 1 A 補正部
3 1 B 位置算出部
3 2 記憶部
3 3 入出力部
4 0 校正システム
1 0 0 油圧シヨベル
D 誤差
F F 第1の姿勢
F S 第2の姿勢
L 距離
P D 傾斜面
P f 第1位置

P H 基準面

P H b s 計測位置

P m 一部分

P s 第2位置

T B 台

T S 外部計測装置

θ_r ロール角

θ_p ピッチ角

θ_y ヨー角

ϕ 傾斜角

$\Delta \theta_y$ ヨー角誤差

請求の範囲

- [請求項1] 作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、
- 前記作業機械が第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置と、前記作業機械が第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置とを用いて前記誤差を補正する、作業機械の校正装置。
- [請求項2] 前記一部分の位置は、前記作業機の一部の位置であり、
- 前記第1位置は、前記作業機械が傾斜面に設置され、かつ前記旋回体が第1の方向を向いているときの位置であり、
- 前記第2位置は、前記作業機械が傾斜面に設置され、かつ前記旋回体が第2の方向を向いているときの位置である、
- 請求項1に記載の作業機械の校正装置。
- [請求項3] 前記第1位置及び前記第2位置は、前記姿勢検出装置が出力したピッチ角が0度のときの位置である、請求項2に記載の作業機械の校正装置。
- [請求項4] 前記一部分の位置は、前記作業機械が有する前記作業機の一部の位置である、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の作業機械の校正装置。
- [請求項5] 前記第1位置及び前記第2位置は、前記作業機械以外の位置を基準として得られた前記一部分の位置であり、前記姿勢検出装置から出力された、前記作業機械の姿勢に関する情報を用いて求められる、請求項1に記載の作業機械の校正装置。
- [請求項6] 前記作業機械の姿勢に関する情報を補正するためのパラメータを補正しながら、前記第1位置及び前記第2位置の再計算を繰り返し、前記第1位置と前記第2位置との差が閾値以下になったときの前記パラメータを用いて前記誤差を補正する、請求項5に記載の作業機械の校

正装置。

[請求項7] 前記作業機械の姿勢に関する情報は、前記姿勢検出装置が出力したピッチ角及びロール角である、請求項6に記載の作業機械の校正装置。

[請求項8] 請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の作業機械の校正装置を有する、作業機械。

[請求項9] 作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、

前記作業機械が第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置を取得し、

前記作業機械が第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置を取得し、

前記第1位置及び前記第2位置を用いて前記誤差を補正する、作業機械の校正方法。

補正された請求の範囲
[2016年5月19日(19.05.2016)国際事務局受理]

[請求項1] (補正後) 作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、

前記作業機械が所定の傾斜状態である場合を第1の姿勢とし、前記第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置と、前記作業機械が前記第1の姿勢と異なる傾斜状態である場合を第2の姿勢とし、前記第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置とを用いて前記誤差を補正する、作業機械の校正装置。

[請求項2] 前記一部分の位置は、前記作業機の一部の位置であり、

前記第1位置は、前記作業機械が傾斜面に設置され、かつ前記旋回体が第1の方向を向いているときの位置であり、

前記第2位置は、前記作業機械が傾斜面に設置され、かつ前記旋回体が第2の方向を向いているときの位置である、

請求項1に記載の作業機械の校正装置。

[請求項3] 前記第1位置及び前記第2位置は、前記姿勢検出装置が出力したピッチ角が0度のときの位置である、請求項2に記載の作業機械の校正装置。

[請求項4] 前記一部分の位置は、前記作業機械が有する前記作業機の一部の位置である、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の作業機械の校正装置。

[請求項5] (補正後) 作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、

前記作業機械が第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置と、前記作業機械が第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置とを用いて前記誤差を補正し、

前記第1位置及び前記第2位置は、前記作業機械以外の位置を基準として得られた前記一部分の位置であり、前記姿勢検出装置から出力された、前記作業機械の姿勢に関する情報を用いて求められる、作業機械の校正装置。

[請求項6] 前記作業機械の姿勢に関する情報を補正するためのパラメータを補正しながら、前記第1位置及び前記第2位置の再計算を繰り返し、前記第1位置と前記第2位置との差が閾値以下になったときの前記パラメータを用いて前記誤差を補正する、請求項5に記載の作業機械の校正装置。

[請求項7] 前記作業機械の姿勢に関する情報は、前記姿勢検出装置が出力したピッチ角及びロール角である、請求項6に記載の作業機械の校正装置。

[請求項8] 請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の作業機械の校正装置を有する、作業機械。

[請求項9] (補正後) 作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、前記作業機械が所定の傾斜状態である場合を第1の姿勢とし、前記第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置を取得し、

前記作業機械が前記第1の姿勢と異なる傾斜状態である場合を第2の姿勢とし、前記第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置を取得し、

前記第1位置及び前記第2位置を用いて前記誤差を補正する、作業機械の校正方法。

[請求項10] (追加) 作業機が取り付けられて旋回する旋回体を有する作業機械の姿勢を出力する姿勢検出装置の前記作業機械に対するずれに起因する誤差を補正するにあたり、

前記作業機械が第1の姿勢であるときにおける前記作業機械の一部分の位置である第1位置を取得し、

前記作業機械が第2の姿勢であるときにおける前記一部分の位置である第2位置を取得し、

前記第1位置及び前記第2位置を用いて前記誤差を補正し、

前記第1位置及び前記第2位置は、前記作業機械以外の位置を基準として得られた前記一部分の位置であり、前記姿勢検出装置から出力された、前記作業機械の姿勢に関する情報を用いて求められる、作業機械の校正方法。

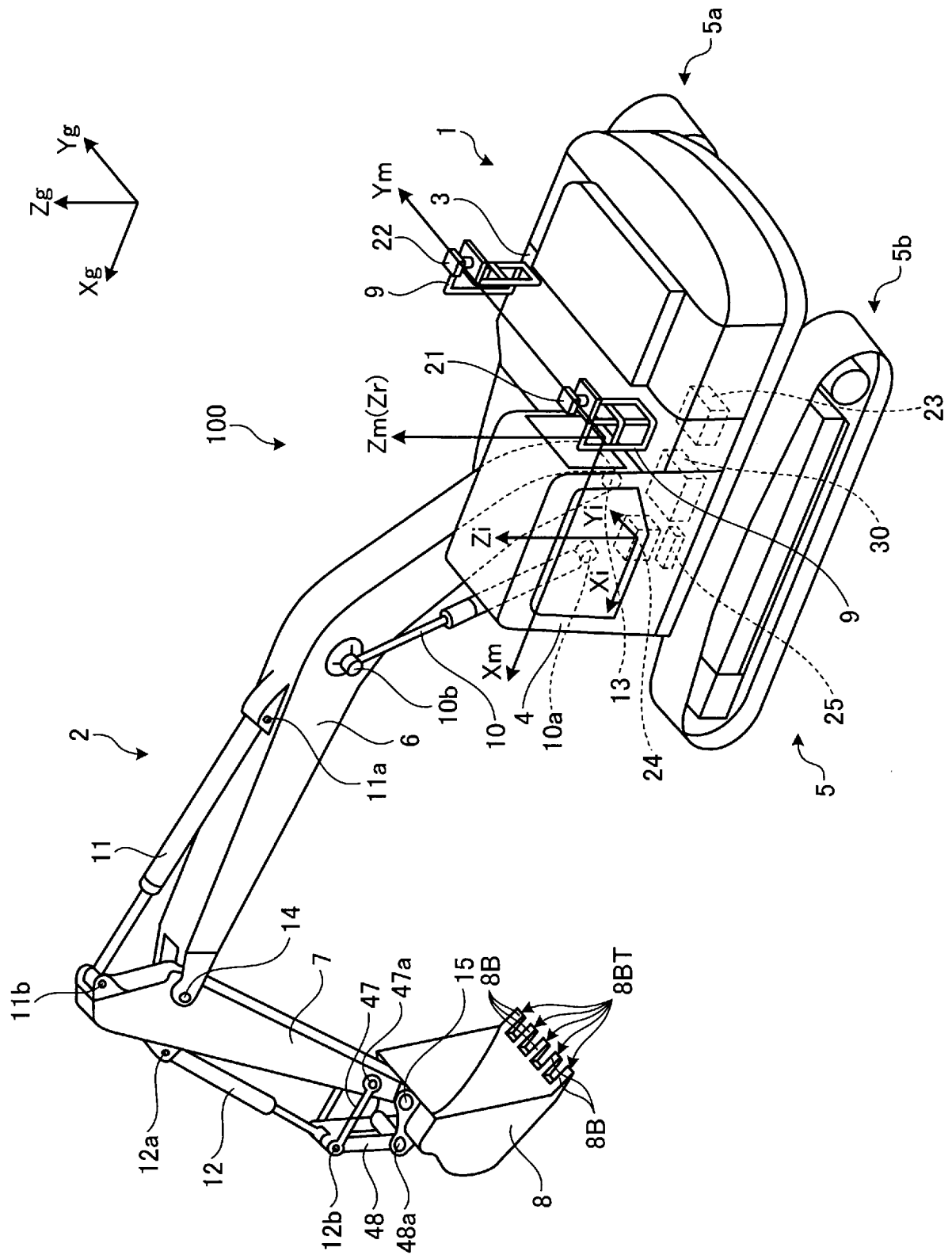
条約第 19 条（1）に基づく説明書

請求項 1、9：出願時の請求項 1、9 を、それぞれ明細書の [0045] と [0049]、図面の [図 8] ～ [図 11] を根拠として限定した。

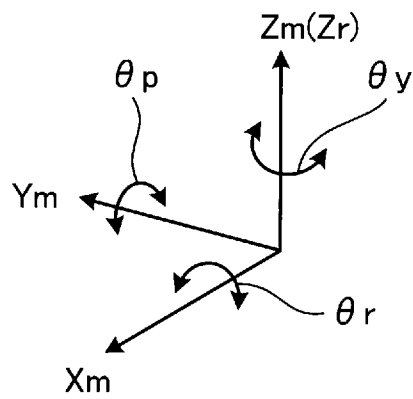
請求項 5：出願時の請求項 1 を請求項 5 の要件で限定する独立項にした。

請求項 10：出願時の請求項 9 を請求項 5 の要件で限定し、独立項として新たに追加した。

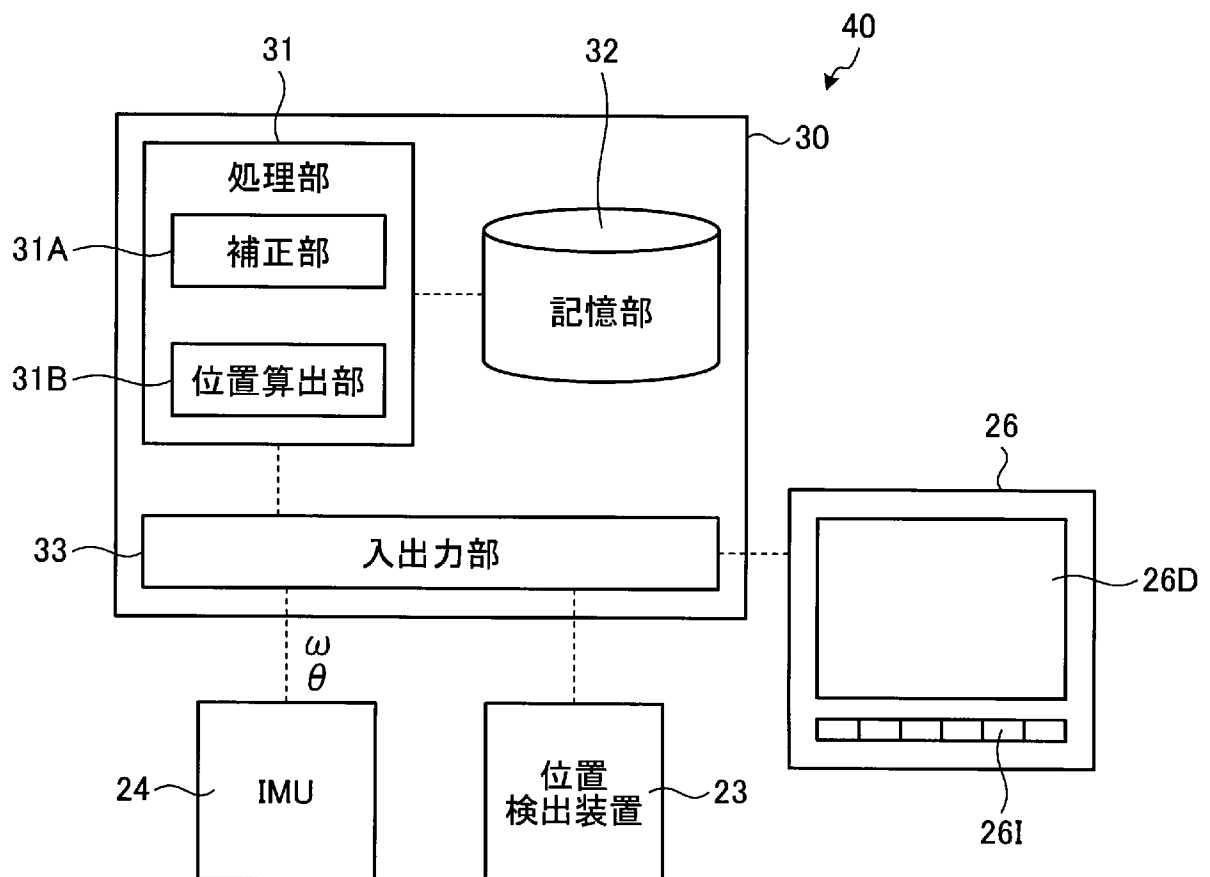
[図1]



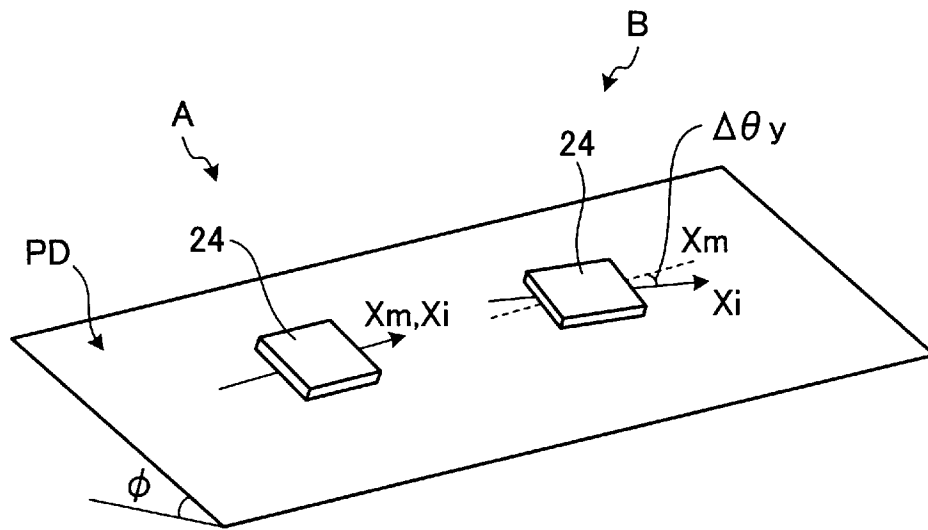
[図2]



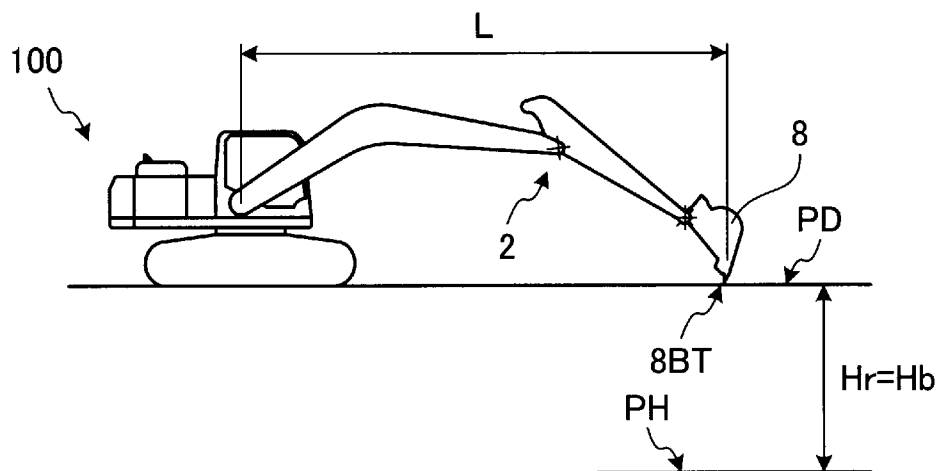
[図3]



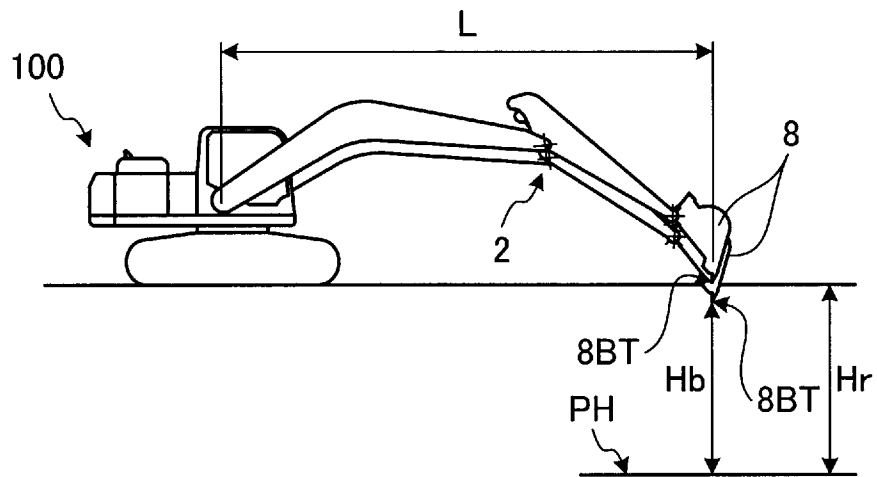
[図4]



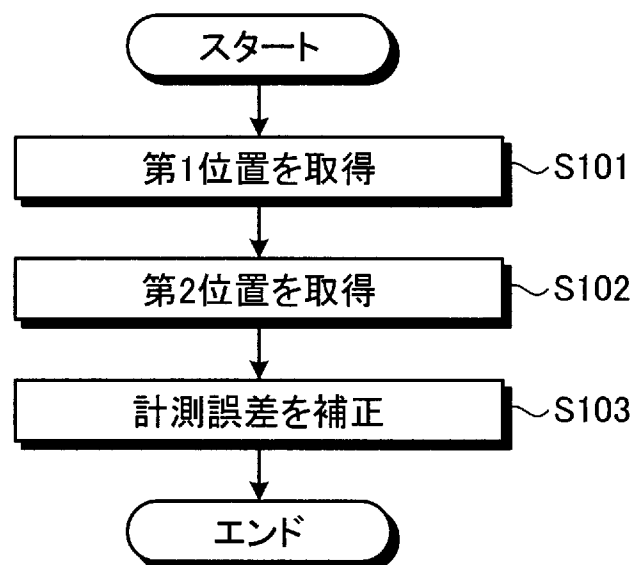
[図5]



[図6]

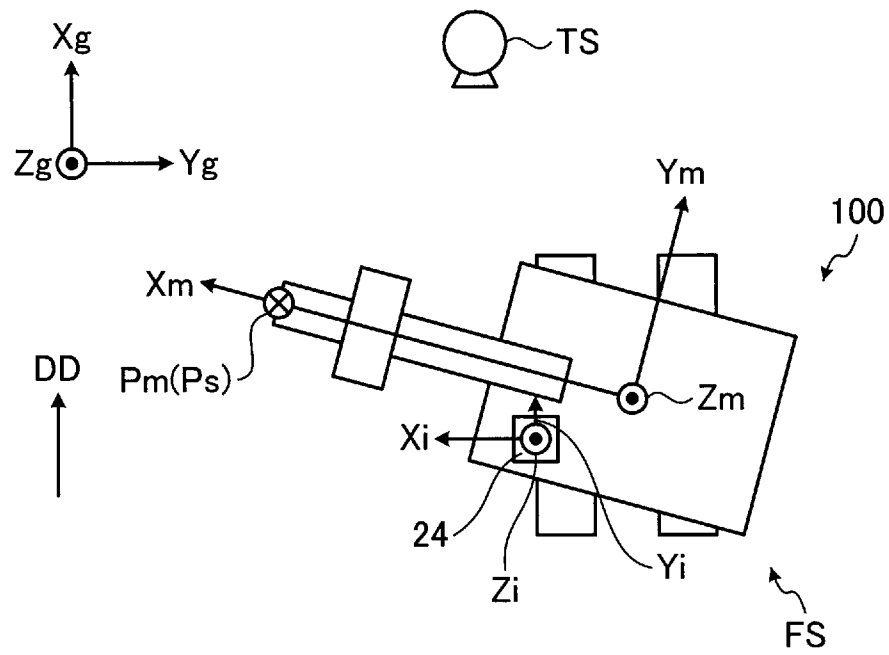


[図7]

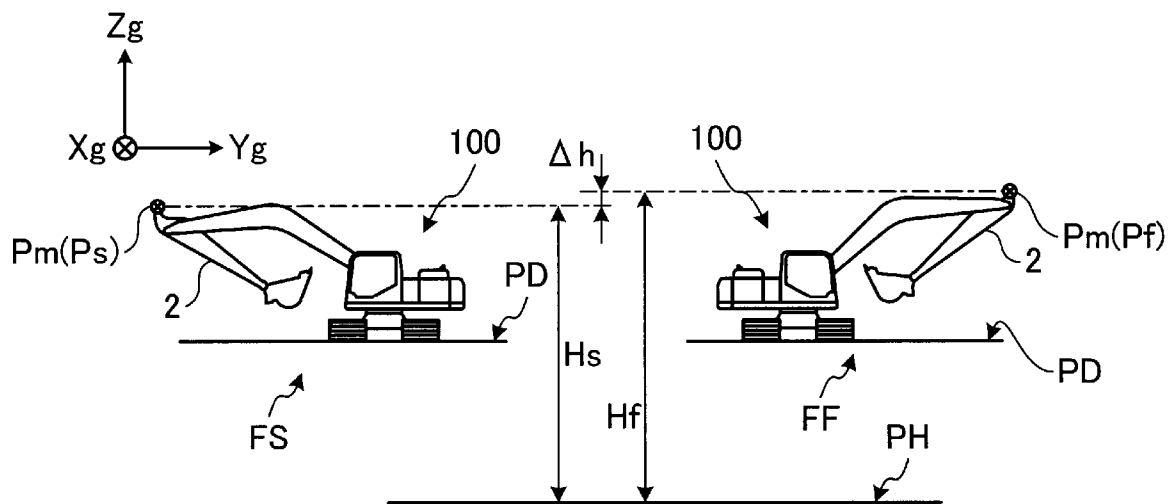


The diagram illustrates a mechanical assembly 100. A global coordinate system is defined by axes X_g (vertical), Y_g (horizontal to the right), and Z_g (into the page). The assembly includes a base plate 100 with a tilted surface. A component 24 is mounted on this surface. A coordinate system (X_i, Y_i, Z_i) is centered on component 24, with Z_i pointing down the tilted surface, X_i pointing horizontally to the right, and Y_i pointing up the tilted surface. Another coordinate system (X_m, Y_m, Z_m) is centered on a point Z_m on the base plate, with Z_m pointing up the tilted surface, X_m pointing horizontally to the right, and Y_m pointing down the tilted surface. A vertical arrow labeled DD indicates a displacement or distance. A component labeled $Pm(Pf)$ is shown at the end of a shaft, with a coordinate system (X_m, Y_m, Z_m) centered on it. A curved arrow labeled FF indicates a force or torque. A component labeled TS is shown at the top of the assembly.

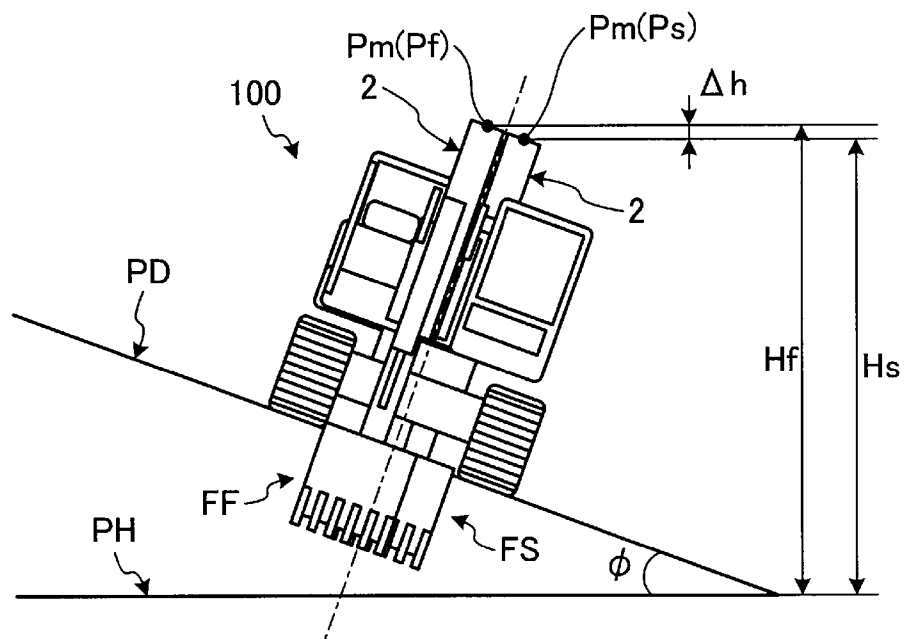
[図10]



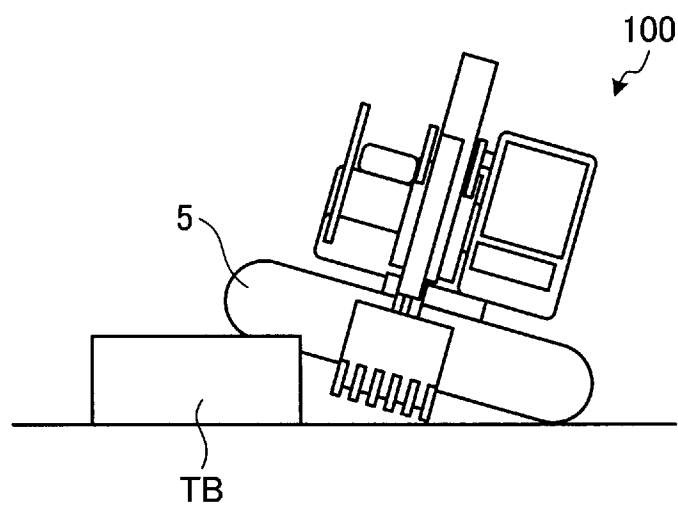
[図11]



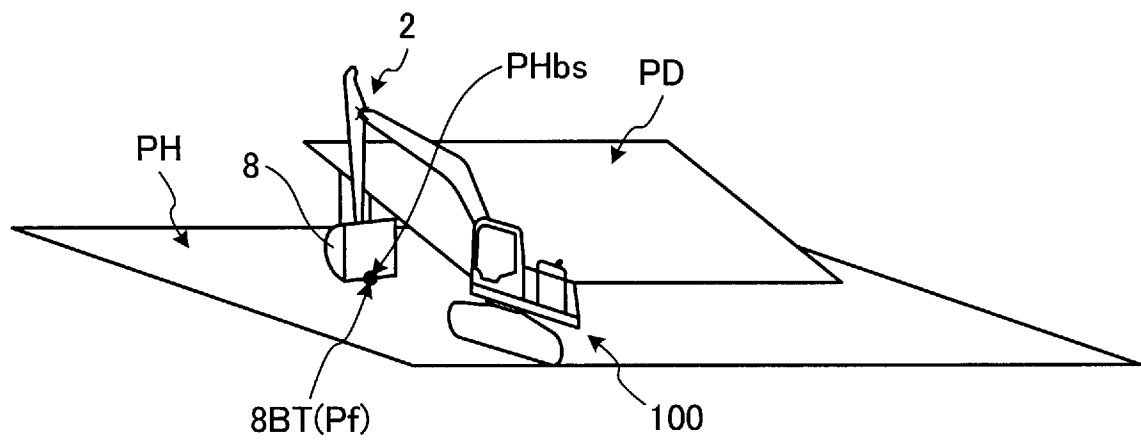
[図12]



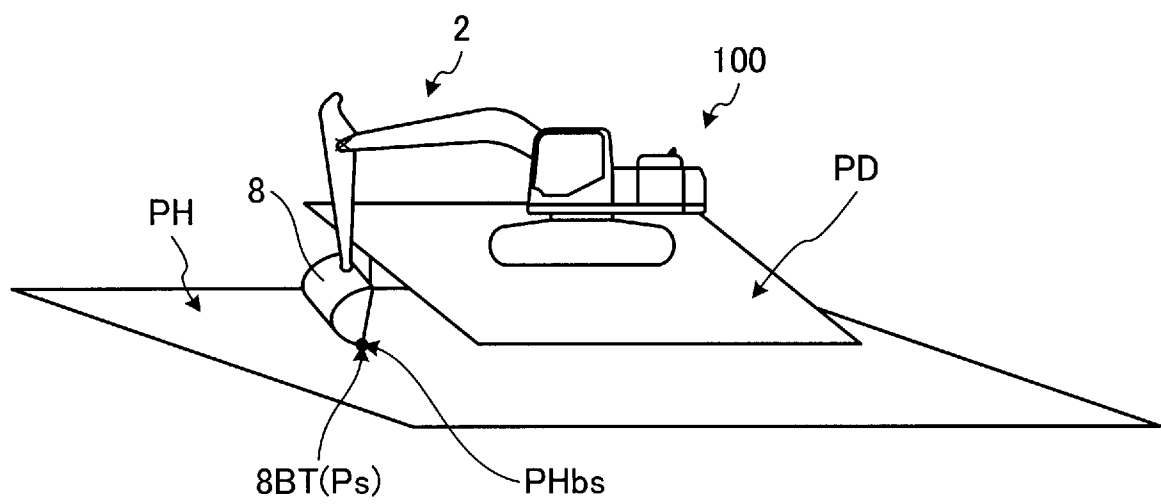
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/080375

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, G01C15/00

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.
X A	JP 2010-229663 A (Komatsu Ltd.), 14 October 2010 (14.10.2010), paragraphs [0015], [0024], [0025], [0037] to [0041], [0071] to [0085], [0106], [0131], [0132] (Family: none)	1, 4, 8, 9 2, 3, 5-7
A	JP 2014-137343 A (Komatsu Ltd.), 28 July 2014 (28.07.2014), entire text; all drawings & JP 5401616 B & US 2015/0066312 A1 & WO 2014/112129 A & DE 112013000164 B & CN 104254754 A & KR 10-2015-0041151 A	1-9

☒ 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
27 November 2015 (27.11.15)

Date of mailing of the international search report
08 December 2015 (08.12.15)

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/JP2015/080375

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-132137 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 30 April 2004 (30.04.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

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, G01C15/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

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

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 2010-229663 A（株式会社小松製作所）2010.10.14, [0015], [0024], [0025], [0037]-[0041], [0071]-[0085], [0106], [0131], [0132]（ファミリーなし）	1, 4, 8, 9 2, 3, 5-7
A	JP 2014-137343 A（株式会社小松製作所）2014.07.28, 全文、全図 & JP 5401616 B & US 2015/0066312 A1 & WO 2014/112129 A & DE 112013000164 B & CN 104254754 A & KR 10-2015-0041151 A	1-9

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

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

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

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

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

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

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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.11.2015

国際調査報告の発送日

08.12.2015

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100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

桐山 愛世

電話番号 03-3581-1101 内線 3241

2D

3815

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2004-132137 A (日立建機株式会社) 2004. 04. 30, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9