

(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
2015年9月17日(17.09.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/137526 A1

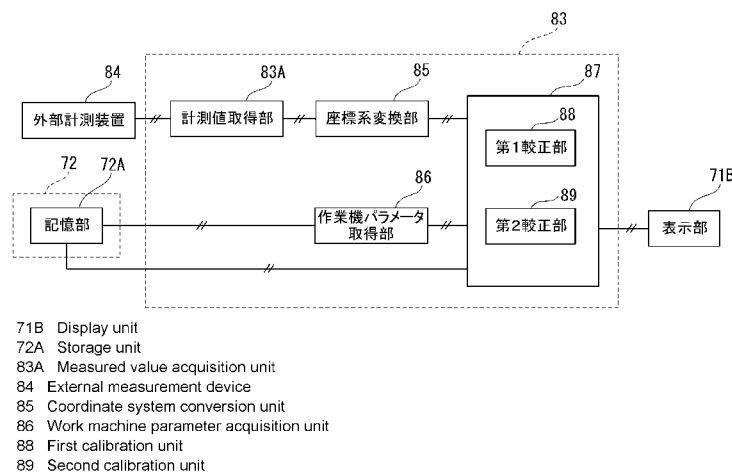
- (51) 国際特許分類:
E02F 9/22 (2006.01) *G01B 21/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/059789
- (22) 国際出願日: 2015年3月27日(27.03.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所 (KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岩村 力 (IWAMURA Tsutomu); 〒2548567 神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 開発本部内 Kanagawa (JP). 北嶋 仁 (KITAJIMA Jin); 〒2548567 神奈川県平塚市万田1200 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1200 株式会社小松製作所 開発本部内 Kanagawa (JP). 市原将志 (ICHIHARA Masashi); 〒2548567 神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 開発本部内 Kanagawa (JP).

- (74) 代理人: 特許業務法人樹之下知的財産事務所 (KINOSHITA & ASSOCIATES); 〒1670051 東京都杉並区荻窪五丁目26番13号 荻窪TMビル 3階 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, 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).

[続葉有]

(54) Title: DEVICE FOR CALIBRATING WORK MACHINE AND METHOD FOR CALIBRATING WORK MACHINE PARAMETERS OF WORK MACHINE

(54) 発明の名称: 作業機械の較正装置、及び作業機械の作業機パラメータの較正方法



71B Display unit
72A Storage unit
83A Measured value acquisition unit
84 External measurement device
85 Coordinate system conversion unit
86 Work machine parameter acquisition unit
88 First calibration unit
89 Second calibration unit

(57) Abstract: This device for calibrating a work machine is provided with: a work machine parameter acquisition unit (86) that acquires work machine parameters of members configuring a first drive unit and a second drive unit; a measured value acquisition unit (83A) that acquires measured values regarding the work machine main body, first drive unit, and second drive unit as measured by an external measurement device; a first calibration unit (88) that calibrates the work machine parameters of a member configuring the first drive unit and acquired by the work machine parameter acquisition unit (86) on the basis of the measured values of the first drive unit acquired by the measured value acquisition unit (83A); and a second calibration unit (89) that calibrates the work machine parameters of a member configuring the second drive unit on the basis of the work machine parameters of the first drive unit calibrated by the first calibration unit, and the measured value at a reference point of the work machine main body, first drive unit, and second drive unit as acquired by the measured value acquisition unit.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/137526 A1



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。

— 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)）

作業機械の較正装置は、第 1 駆動部及び第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを取得する作業機パラメータ取得部（86）と、外部計測装置で計測された、作業機械本体、第 1 駆動部、及び第 2 駆動部の計測値を取得する計測値取得部（83A）と、計測値取得部（83A）で取得された第 1 駆動部の計測値に基づいて、作業機パラメータ取得部（86）で取得された第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正する第 1 較正部（88）と、第 1 較正部で較正された第 1 駆動部の作業機パラメータと、計測値取得部で取得された作業機械本体、第 1 駆動部、及び第 2 駆動部の基準点の計測値とに基づいて、第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正する第 2 較正部（89）とを備える。

明 細 書

発明の名称：

作業機械の較正装置、及び作業機械の作業機パラメータの較正方法

技術分野

[0001] 本発明は、作業機械の較正装置、及び作業機械の作業機パラメータの較正方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、作業機の作業点の現在位置を検出する位置検出装置を備える油圧ショベルが知られている。例えば、特許文献1に開示されている油圧ショベルでは、GPSアンテナからの位置情報に基づいて、バケットの刃先の位置座標が演算される。具体的には、GPSアンテナとブームピンとの位置関係、ブームとアームとバケットとのそれぞれの長さ、ブームと、アームとバケットとのそれぞれの方向角などのパラメータに基づいて、バケットの刃先の位置座標が演算される。ここで、アームとバケットの位置座標は、これらを回転させるシリンダにストロークセンサ等を設け、シリンダの伸張状態をセンサで取得して、センサ出力値に基づいて演算される。

[0003] このような技術は、バケットの刃先位置を油圧ショベルのコントローラで推定し、バケットの刃先を、設計上の掘削面に倣うように動作させることにより、バケットによる掘削面の侵食を防止して、効率的な掘削作業を実現することができる。

このため、バケットの刃先位置を油圧ショベルのコントローラで正確に把握することが重要であり、特許文献1に記載の技術では、例えば、作業機のバケットの刃先の5つの姿勢をトータルステーション等の外部計測装置により計測し、計測したバケットの刃先の計測値に基づいて油圧ショベルのコントローラでの刃先位置の計算に必要な作業機パラメータを較正している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-202061号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、前記特許文献1に記載の技術では、バケットの刃先位置から、ブーム、アーム、バケットの全ての作業機パラメータを校正しているため、校正された作業機パラメータには、それぞれ真の値との誤差が発生してしまい、校正時の姿勢以外でのバケットの刃先位置の推定精度が、実際に計測されたバケットの刃先位置の計測値と比較して悪く、所定の誤差範囲内に収めることが困難であるという問題がある。

[0006] 本発明の目的は、作業機械本体に回動自在に接続された第1駆動部と、第1駆動部に第2駆動部が回動自在に接続された第2駆動部とを備えた作業機において、第2駆動部の基準点の位置を高精度に推定することのできる作業機械の校正装置、及び作業機械の作業機パラメータの校正方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の第1態様に係る作業機械の校正装置は、
作業機械本体と、

前記作業機械本体に回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられた第1油圧シリンダにより駆動される第1駆動部、及び、前記第1駆動部に回動自在に接続され、前記第1駆動部に設けられた第2油圧シリンダにより駆動される第2駆動部を備えた作業機と、

前記第1駆動部の回動角情報を検出する第1の回動角検出部と、

前記第2駆動部の回動角情報を検出する第2の回動角検出部と、

検出された第1駆動部及び第2駆動部の回動角情報に基づいて、前記第1駆動部及び前記第2駆動部の姿勢を演算する姿勢演算部と、

前記第1駆動部及び前記第2駆動部を構成する部材に設定された作業機パラメータと、前記姿勢演算部で演算された前記第1駆動部及び前記第2駆動部の姿勢とに基づいて、前記第1駆動部及び前記第2駆動部の基準点の推定

位置を演算する推定位置演算部と、を備えた作業機械に装備され、前記作業機パラメータの校正を行う作業機械の校正装置であって、

外部計測装置で計測された、前記作業機械本体、前記第 1 駆動部、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値を取得する計測値取得部と、

前記推定位置演算部で用いる前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを取得する作業機パラメータ取得部と、

前記計測値取得部で計測された前記作業機械本体の基準点の計測値、及び前記第 1 駆動部の基準点の計測値に基づいて、前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正する第 1 校正部と、

前記第 1 校正部で校正された前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータと、前記計測値取得部で取得された前記作業機械本体の基準点の計測値、前記第 1 駆動部の基準点の計測値、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値とに基づいて、前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正する第 2 校正部とを備えていることを特徴とする。

[0008] 本発明の第 1 の態様によれば、第 1 校正部により、予め第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正することができるため、第 2 校正部では、校正後の作業機パラメータと、第 2 駆動部の基準点の計測値とに基づいて、第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータの校正を行うことができる。従って、第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータの誤差を少なくした状態で、第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを高精度に校正することができる。

[0009] 本発明の第 2 の態様に係る作業機械の校正装置は、第 1 の態様において、前記第 1 の回動角検出部及び前記第 2 の回動角検出部は、前記第 1 油圧シリンダ及び前記第 2 油圧シリンダに設けられ、それぞれのストローク量を検出するストローク量検出部であることを特徴とする。

[0010] 本発明の第 3 の態様に係る作業機械の校正装置は、第 2 の態様において、前記作業機械は、前記作業機械本体に対する前記第 1 駆動部の回動角を検出するエンコーダを備え、

前記姿勢演算部は、前記エンコーダで検出された前記第 1 駆動部の回転角の基準位置に基づいて、前記ストローク量検出部の基準位置の校正を行うことを特徴とする。

[0011] 本発明の第 4 の態様に係る作業機械の校正装置は、第 1 の態様乃至第 3 の態様のいずれかの態様において、

前記第 1 校正部及び前記第 2 校正部は、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータと、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値とを含む数値解析式が、所定の誤差範囲に収束するまで収束演算を行うことにより校正し、

前記第 2 校正部の許容誤差範囲が、前記第 1 校正部の許容誤差範囲よりも大きいことを特徴とする。

[0012] 本発明の第 5 の態様に係る作業装置は、第 1 の態様乃至第 4 の態様のいずれかの態様において、

前記第 1 駆動部は、前記作業機械本体にピンを介して回転自在に接続され、前記作業機械本体に設けられたブームシリンダにより駆動されるブームと、前記ブームの先端にピンを介して回転自在に接続され、前記ブームに設けられたアームシリンダにより駆動されるアームとを備え、

前記第 2 駆動部は、前記アームの先端にピンを介して接続される作業具であり、

前記第 1 駆動部の基準点は、前記アームの先端のピンであり、

前記第 2 駆動部の基準点は、前記作業具の作業方向先端であることを特徴とする。

[0013] 本発明の第 6 の態様に係る作業機械の校正装置は、第 5 の態様において、

前記第 1 校正部は、前記作業機械の 3 姿勢に基づいて、前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正し、

前記第 2 校正部は、前記作業機械の 2 姿勢に基づいて、前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正することを特徴とする。

[0014] 本発明の第 7 の態様に係る作業機の校正装置は、

作業機械本体と、

前記作業機械本体に回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられたブームシリンダにより駆動されるブーム、前記ブームに回動自在に接続され、前記ブームに設けられたアームシリンダにより駆動されるアーム、及び前記アームに回動自在に接続され、前記アームに設けられたバケットシリンダにより駆動されるバケットを備えた作業機と、

前記作業機械本体に対する前記ブームの回動角情報を検出するブーム回動角検出部と、

前記ブームに対する前記アームの回動角情報を検出するアーム回動角検出部と、

前記アームに対する前記バケットの回動角情報を検出するバケット回動角検出部と、

前記ブーム回動角検出部、前記アーム回動角検出部、及び前記バケット回動角検出部で検出されたそれぞれの回動角情報に基づいて、前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの姿勢を演算する姿勢演算部と、

前記ブーム、前記アーム、前記バケットに設定された作業機パラメータと、前記姿勢演算部で演算された前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの姿勢とに基づいて、前記バケットの刃先の推定位置を演算する推定位置演算部と、を備えた作業機械に装備され、前記作業機パラメータの較正を行う作業機械の較正装置であって、

外部計測装置で計測された、前記作業機械本体の基準点の計測値、前記第1駆動部の基準点の計測値、及び前記第2駆動部の基準点の計測値を取得する計測値取得部と、

前記推定位置演算部で用いる前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの作業機パラメータを取得する作業機パラメータ取得部と、

前記計測値取得部で取得された前記作業機械本体、前記ブーム、及び前記アームの基準点の計測値に基づいて、前記ブーム及び前記アームの作業機パラメータを較正する第1較正部と、

前記第 1 較正部で較正された前記ブーム及び前記アームの作業機パラメータと、前記計測値取得部で取得された、前記作業機械本体、前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの基準点の計測値とに基づいて、前記バケットの作業機パラメータを較正する第 2 較正部とを備えていることを特徴とする。

[0015] 本発明の第 8 の態様に係る作業機械の作業機パラメータの較正方法は、
作業機械本体と、

前記作業機械本体に回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられた第 1 油圧シリンダにより駆動される第 1 駆動部、及び、前記第 1 駆動部に回動自在に接続され、前記第 1 駆動部に設けられた第 2 油圧シリンダにより駆動される第 2 駆動部を備えた作業機と、

前記第 1 駆動部の作業機械に対する回動角情報を検出する第 1 回動角検出部と、

前記第 2 駆動部の第 1 駆動部に対する回動角情報を検出する第 2 回動角検出部と、

検出された第 1 駆動部及び第 2 駆動部の回動角情報に基づいて、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の姿勢を演算する姿勢演算部と、

前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材に設定された作業機パラメータと、前記姿勢演算部で演算された前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の姿勢とに基づいて、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の基準点の推定位置を演算する推定位置演算部と、を備えた作業機械で実施され、前記作業機パラメータを較正する作業機械の作業機パラメータの較正方法であって、

前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材に設定された作業機パラメータを取得する手順と、

外部計測装置を用いて計測された、前記作業機械本体、前記第 1 駆動部、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値を取得する手順と、

前記作業機械本体及び前記第 1 駆動部の基準点の計測値に基づいて、前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正する手順と、

較正された前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータと、前記作業機械本体、前記第 1 駆動部、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値とに基づいて、前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正する手順とを実施することを特徴とする。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]本発明の実施形態に係る作業機械の斜視図。
- [図2A]前記実施形態における作業機械の模式側面図。
- [図2B]前記実施形態における作業機械の模式背面図。
- [図2C]前記実施形態における作業機械の模式平面図。
- [図3]前記実施形態における作業機械の制御ブロック図。
- [図4]前記実施形態における第 1 エンコーダの取り付け位置を表す側面図。
- [図5]前記実施形態における第 1 エンコーダの構造を表す斜視図。
- [図6]前記実施形態における磁力センサの構造を表す模式図。
- [図7]前記実施形態における作業機械のブームの側面図。
- [図8]前記実施形態における作業機械のアームの側面図。
- [図9]前記実施形態における作業機械のアーム及びバケットの側面図。
- [図10]前記実施形態における作業機械のバケットの側面図。
- [図11]前記実施形態における作業機械のシリンダの側面図。
- [図12]前記実施形態における作業機械の較正装置の機能ブロック図。
- [図13]前記実施形態における外部計測装置による作業機械の計測手順を表すフローチャート。
- [図14]前記実施形態における作業機械のブームピン位置の計測方法を説明するための模式図。
- [図15]前記実施形態における作業機械のバケットピン位置の計測方法を説明するための模式図。
- [図16]前記実施形態における作業機械のバケットの刃先位置の計測方法を説明するための模式図。
- [図17]前記実施形態の作用を説明するためのフローチャート。

[図18]前記実施形態の効果を説明するための模式図。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、図面を参照して、本発明の一実施形態に係る油圧ショベルの較正装置及び較正方法について説明する。

[1] 油圧ショベル1の全体構成

図1は、本実施形態に係る較正装置による較正が実施される油圧ショベル1の斜視図である。油圧ショベル1は、作業機械本体2と作業機3とを備える。

作業機械本体2は、下部走行体4と、上部旋回体5とを備え、上部旋回体5は、下部走行体4に旋回自在に設けられている。

上部旋回体5は、後述する油圧ポンプ54や、エンジンなど54Aの装置を収容している。

上部旋回体5には、前部にキャブ6が設けられており、キャブ6内には、オペレータが着座するシートや、後述する表示入力装置71及び操作装置51が設けられる。

下部走行体4には、一対の走行装置4Aが設けられ、走行装置4Aは履帯4Bを有し、履帯4Bが回転することにより、油圧ショベル1が走行する。なお、本実施形態においては、シートに着座したときのオペレータの視線を基準として前後左右を規定する。

[0018] 作業機3は、作業機械本体2の前部に設けられ、ブーム31、アーム32、バケット33、ブームシリンダ34、アームシリンダ35、及びバケットシリンダ36を備える。尚、本発明における第1駆動部は、ブーム31及びアーム32で構成される部分であり、第2駆動部は、バケット33、第1リンク部材40（後述）、第2リンク部材41（後述）を含む部分である。

ブーム31の基端部は、ブームピン37を介して作業機械本体2の前部に回動自在に取り付けられる。ブームピン37は、ブーム31の上部旋回体5に対する回動中心に相当する。

アーム32の基端部は、アームピン38を介してブーム31の先端部に回

動可能に取り付けられる。アームピン 38 は、アーム 32 のブーム 31 に対する回動中心に相当する。

アーム 32 の先端部には、バケットピン 39 を介してバケット 33 が回動可能に取り付けられる。バケットピン 39 は、アーム 32 の先端に設けられ、本発明の第 1 駆動部の基準点であり、バケット 33 のアーム 32 に対する回動中心に相当する。第 1 駆動部の基準点は、ブーム 31 若しくはアーム 32 の任意位置に設けてよい。

[0019] ブームシリンダ 34、アームシリンダ 35、及びバケットシリンダ 36 は、それぞれ油圧によって伸張縮退駆動される油圧シリンダである。なお、ブームシリンダ 34 又はアームシリンダ 35 は、本発明にいう第 1 油圧シリンダであり、バケットシリンダ 36 は、本発明にいう第 2 油圧シリンダである。

ブームシリンダ 34 の基端部は、ブームシリンダフットピン 34 A を介して上部旋回体 5 に回動可能に取り付けられている。

また、ブームシリンダ 34 の先端部は、ブームシリンダトップピン 34 B を介してブーム 31 に回動可能に取り付けられている。ブームシリンダ 34 は、油圧によって伸縮することによって、ブーム 31 を駆動する。

[0020] アームシリンダ 35 の基端部は、アームシリンダフットピン 35 A を介してブーム 31 に回動可能に取り付けられている。

また、アームシリンダ 35 の先端部は、アームシリンダトップピン 35 B を介してアーム 32 に回動可能に取り付けられている。アームシリンダ 35 は、油圧によって伸縮することによって、アーム 32 を駆動する。

バケットシリンダ 36 の基端部は、バケットシリンダフットピン 36 A を介してアーム 32 に回動可能に取り付けられている。

また、バケットシリンダ 36 の先端部は、バケットシリンダトップピン 36 B を介して、第 1 リンク部材 40 の一端及び第 2 リンク部材 41 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 40 の他端は、第 1 リンクピン 40 A を介してアーム 32

の先端部に回動自在に取り付けられている。

第2リンク部材41の他端は、第2リンクピン41Aを介してバケット33に回動自在に取り付けられている。バケットシリンダ36は、油圧によって伸縮することによって、バケット33を駆動する。

[0021] 図2は、油圧ショベル1の構成を模式的に示す図である。図2Aは油圧ショベル1の側面図である。図2Bは油圧ショベル1の背面図である。図2Cは油圧ショベル1の平面図である。図2Aに示すように、ブーム31の長さ、すなわち、ブームピン37とアームピン38との間の長さは、 L_1 である。アーム32の長さ、すなわち、アームピン38とバケットピン39との間の長さは、 L_2 である。バケット33の長さ、すなわち、バケットピン39とバケット33の刃先Pとの間の長さは、 L_3 である。なお、バケット33の刃先Pは、本発明の第2駆動部の基準点である。第2駆動部の基準点は、バケット33上の任意の位置に設けてもよい。

[0022] ブームシリンダ34とアームシリンダ35とバケットシリンダ36には、それぞれ、回動角検出部であるブームシリンダストロークセンサ42、アームシリンダストロークセンサ43、及びバケットシリンダストロークセンサ44が設けられている。

各シリンダストロークセンサ42～44は、油圧シリンダ34～36の側方に設置されるシリンダのストロークを検出するストロークセンサであり、回動角情報である各油圧シリンダ34～36のストローク長さを検出することにより、後述する表示コントローラ72の姿勢演算部72Cにて、作業機械本体2に対するブーム31の回動角と、ブーム31に対するアーム32の回動角と、アーム32に対するバケット33の回動角とを演算可能とする。なお、回動角検出部は各作業機の回動部に取り付ける角度センサによる回動角情報の検出を代用してもよい。

[0023] 具体的には、後述する表示コントローラ72内の姿勢演算部72Cは、ブームシリンダストロークセンサ42が検出したブームシリンダ34のストローク長さから、図2Aに示すように、後述する車体座標系のz軸に対するブ

ーム 3 1 の回動角 α を演算する。

表示コントローラ 7 2 内の姿勢演算部 7 2 C は、アームシリンダストロークセンサ 4 3 が検出したアームシリンダ 3 5 のストローク長さから、ブーム 3 1 に対するアーム 3 2 の回動角 β を演算する。

表示コントローラ 7 2 内の姿勢演算部 7 2 C は、バケットシリンダストロークセンサ 4 4 が検出したバケットシリンダ 3 6 のストローク長さから、アーム 3 2 に対するバケット 3 3 の回動角 γ を演算する。回動角 α 、 β 、 γ の演算方法については後に詳細に説明する。

[0024] また、ブームピン 3 7 の位置には、第 1 エンコーダ 4 2 A が設けられ、アームピン 3 8 の位置には、第 2 エンコーダ 4 3 A が設けられている。

第 1 エンコーダ 4 2 A は、ブーム 3 1 の回動域内の所定の角度位置を基準位置として、パルス信号を表示コントローラ 7 2 の姿勢演算部 7 2 C に出力する。

第 2 エンコーダ 4 3 A は、アーム 3 2 の回動域内の所定の角度位置を基準位置として、パルス信号を表示コントローラ 7 2 の姿勢演算部 7 2 C に出力する。

姿勢演算部 7 2 C では、第 1 エンコーダ 4 2 A から出力されたパルス信号に基づいて、ブームシリンダストロークセンサ 4 2 の基準位置の較正を行い、第 2 エンコーダ 4 3 A から出力されたパルス信号に基づいて、アームシリンダストロークセンサ 4 3 の較正を行う。

つまり、第 1 エンコーダ 4 2 A 及び第 2 エンコーダ 4 3 A は、ブームシリンダストロークセンサ 4 2 及びアームシリンダストロークセンサ 4 3 のリセットセンサとして機能する。

これにより、シリンダストロークセンサ 4 2、4 3 の検出結果から得られるストローク位置を、基準位置にリセットして誤差を低減し、アーム 3 2 の先端のバケットピン 3 9 の位置を高精度に推定することができる。

[0025] 具体的には、図 4 に示されるように、ブームシリンダストロークセンサ 4 2 は、ブームシリンダ 3 4 のシリンダチューブ 3 4 1 の先端に設けられ、ピ

ストン 3 4 2 のストローク量を検出する。第 1 エンコーダ 4 2 A は、ブーム 3 1 の回動位置に設けられ、ブームシリンダストロークセンサ 4 2 の較正を行う。この第 1 エンコーダ 4 2 A は、図 5 に示されるように、発光部 4 2 A 1 と、円盤部 4 2 A 2 と、受光部 4 2 A 3 とを備えている。

発光部 4 2 A 1 は、受光部 4 2 A 3 に対して光線を照射する発光素子を備えている。

円盤部 4 2 A 2 は、回転可能に保持され、この円盤部 4 2 A 2 には、円周方向に沿って所定ピッチで複数の透孔 4 2 A 4 が形成され、その内側には、透孔 4 2 A 5 が一箇所形成されている。透孔 4 2 A 5 は、ブーム 3 1 の回動域内の基準位置に応じた位置に形成され、例えば、ブーム 3 1 の回動域の略中央である。

受光部 4 2 A 3 は、発光部 4 2 A 1 に応じた位置に複数の受光素子 4 2 A 6 を備え、受光素子 4 2 A 6 が光を受光するとパルス信号を出力するようになっている。

[0026] このような第 1 エンコーダ 4 2 A は、ブーム 3 1 の回動に応じて円盤部 4 2 A 2 が回動する。円盤部 4 2 A 2 の回動により、透孔 4 2 A 5 が発光部 4 2 A 1 の下部を通過すると、発光部 4 2 A 1 から照射された光が透孔 4 2 A 5 を介して、受光部 4 2 A 3 の受光素子 4 2 A 6 で受光される。光を受光した受光素子 4 2 A 6 は、姿勢演算部 7 2 C にパルス信号を出力する。なお、アームピン 3 8 に設けられる第 2 エンコーダ 4 3 A も前記と同様の構造及び作用である。

姿勢演算部 7 2 C は、パルス信号が入力した際、ブームシリンダストロークセンサ 4 2 の信号値を読み取り、基準位置の較正を行う。

[0027] 一方、バケット 3 3 は、耐水環境の面で使用に問題があるため、エンコーダを使用できない。このため、バケットシリンダ 3 6 には、磁力センサ 4 4 A が設けられ、バケットシリンダ 3 6 に設置した磁石の通過を検出することにより、基準位置の通過を検出する。

磁力センサ 4 4 A は、図 6 に示されるように、バケットシリンダ 3 6 のシ

リングチューブ 361 の外部に取り付けられている。磁力センサ 44A は、ピストン 362 の直動方向に沿って、所定距離離間されて配置された 2 個のセンサ 44B、44C を有している。

センサ 44B、44C は、既知の基準位置に設けられており、ピストン 362 には、磁力線を生成する磁石 44D が設けられている。センサ 44B、44C は、磁石 44D で生成された磁力線を透過して、磁力（磁束密度）を検出し、磁力（磁束密度）に応じた電気信号（電圧）を出力する。

[0028] センサ 44B、44C で検出された信号は、表示コントローラ 72 に出力され、この表示コントローラ 72 では、センサ 44B、44C の検出結果に基づいて、バケットシリンドラストロークセンサ 44 の検出結果から得られるストローク位置を、基準位置にリセットする処理が行われる。

磁力センサ 44A は、磁力により基準位置を検出しているため、バケット 33 のストローク精度にバラつきを生じ易く、エンコーダ 42A、43A をリセットセンサとしたブーム 31 やアーム 32 の場合よりも、検出ストローク値の誤差が大きくなる。

[0029] 図 2A に示すように、作業機械本体 2 は、位置検出部 45 を備え、この位置検出部 45 は、油圧ショベル 1 の作業機械本体 2 の現在位置を検出する。位置検出部 45 は、図 1 に示す 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 2 つのアンテナ 46、47 と、図 2A に示す位置演算器 48 とを有する。なお、アンテナ 46、47 は、上部旋回体 5 の上部にハンドレールを設け、ハンドレールに設置してもよい。

アンテナ 46、47 は、後述する車体座標系 $x-y-z$ の原点 O を基準とし、 x 軸、 y 軸、及び z 軸（図 2A～図 2C 参照）に沿って一定距離（それぞれ L_{bdx} 、 L_{bdy} 、 L_{bdz} ）だけ離間して配置されている。

アンテナ 46、47 で受信された GNSS 電波に応じた信号は、位置演算器 48 に入力される。位置演算器 48 は、アンテナ 46、47 のグローバル座標系における現在位置を検出する。なお、グローバル座標系は $X-Y-Z$

で表記し、水平面をXY、鉛直方向をZとする。また、グローバル座標系は、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。

[0030] これに対して、後述する車体座標系は、作業機械本体2(具体的には上部旋回体5)に固定された原点Oを基準とする座標系である。

アンテナ46(以下、「基準アンテナ46」と呼んでもよい)は、作業機械本体2の現在位置を検出するためのアンテナである。アンテナ47(以下、「方向アンテナ47」と呼んでもよい)は、作業機械本体2(具体的には上部旋回体5)の向きを検出するためのアンテナである。位置検出部45は、基準アンテナ46と方向アンテナ47との位置によって、後述する車体座標系のx軸のグローバル座標系での方向角を検出する。なお、アンテナ46、47は、GPS用のアンテナであってもよい。

図2に示すように、作業機械本体2は、車体の傾斜角を計測するIMU49(Inertial Measurement Unit)を備え、このIMU49により、Y方向のロール角($\theta 1$:図2B参照)及びX方向のピッチ角($\theta 2$:図2C参照)の角速度と加速度を出力する。

[0031] 図3は、油圧ショベル1の制御系の構成を示すブロック図である。

油圧ショベル1は、操作装置51と、作業機コントローラ52と、油圧制御回路53と、油圧ポンプ54と、油圧モータ61と、エンジン54Aと、表示システム70とを備える。

操作装置51は、作業機操作レバー55と、作業機操作検出部56とを備える。

作業機操作レバー55は、左右の操作レバー55L、55Rを備える。左操作レバー55Lの左右の操作で上部旋回体5の左右の旋回指令を行い、左操作レバー55Lの前後の操作でアーム32のダンプ・掘削を指令する。右操作レバー55Rの左右の操作でバケット33の掘削・ダンプを指令し、右操作レバー55Rの前後の操作でブーム31の下げ・上げを指令する。

作業機操作検出部56L、56Rは、作業機操作レバー55の操作内容を

検出して、検出信号として作業機コントローラ 52 へ出力する。作業機操作レバー 55 からの油圧制御回路 53 への操作指令は、パイロット油圧方式でも電気レバー方式でもどちらでもよい。電気レバー方式の場合は、操作指令をポテンショメータ等で電気信号に変換し、作業機コントローラ 52 に入力する。パイロット油圧方式の場合は、レバー操作によって生成されるパイロット油圧で比例弁を駆動し、作動油の流量を調整する。また、パイロット圧力を圧力センサで検出し、電気信号に変換して作業機コントローラ 52 に入力する。

走行操作レバー 59 は、オペレータが油圧ショベル 1 の走行を操作するための部材である。走行操作検出部 60、走行操作レバー 59 の操作内容に基づき下部走行体 4 の油圧モータ 61 へ油圧の供給を行う。

[0032] 作業機コントローラ 52 は、RAM や ROM などの記憶部 52A、及び CPU などの演算部 52B を備える。作業機コントローラ 52 は、主として作業機 3 の動作制御を行う。作業機コントローラ 52 は、作業機操作レバー 55 の操作に応じて作業機 3 を動作させるための制御信号を生成して、油圧制御回路 53 に出力する。

油圧制御回路 53 は、比例制御弁、EPC 弁などの油圧制御機器を備え、作業機コントローラ 52 からの制御信号に基づいて、油圧ポンプ 54 から油圧シリンダ 34～36 に供給される作動油の流量を制御する。

油圧シリンダ 34～36 は、油圧制御回路 53 から供給された作動油に応じて駆動され、これにより、作業機 3 が動作する。

また、旋回操作レバーの操作に基づき比例制御弁が駆動され、これにより、油圧モータ 61 が駆動され、上部旋回体 5 が旋回する。なお、上部旋回体 5 を駆動する旋回モータは油圧駆動でなく、電動式を使用してもよい。

[0033] 油圧ショベル 1 には、表示システム 70 が搭載されている。表示システム 70 は、作業エリア内の地面を掘削して後述する設計面のような形状に形成するための情報をオペレータに提供するためのシステムである。表示システム 70 は、表示入力装置 71 と、表示コントローラ 72 と、較正部 80 とを

備える。なお、表示システム 70 の各機能は、個別のコントローラとしてもよい。

[0034] 表示入力装置 71 は、タッチパネル式の入力部 71A と、LCD (Liquid Crystal Display) などの表示部 71B とを備える。表示入力装置 71 は、掘削を行うための情報を提供するための案内画面を表示する。また、案内画面には、各種のキーが表示され、オペレータは、案内画面上の各種のキーに触れることにより、表示システム 70 の各種の機能を実行させることができる。

入力部 71A は、オペレータが計測値等の種々の情報を入力する部分であり、キーボード、タッチパネル等で構成される。

[0035] 表示コントローラ 72 は、表示システム 70 の各種の機能を実行する。表示コントローラ 72 と作業機コントローラ 52 とは、無線あるいは有線の通信手段により互いに通信可能となっている。表示コントローラ 72 は、RAM、ROM など既知の手段による記憶部 72A と、CPU 等の位置演算部 72B と、姿勢演算部 72C とを備える。

位置演算部 72B は、記憶部 72A に記憶されている各種のデータと、位置検出部 45 の検出結果とに基づいて、案内画面を表示するための各種の演算を実行する。

姿勢演算部 72C は、シリンダストロークセンサ 42～44 の検出値に基づき、ブーム 31、アーム 32、バケット 33 に設けられるそれぞれのシリンダストロークセンサ 42～44 によって検出されるシリンダストロークより姿勢角であるブーム 31 の回動角 α 、アーム 32 の回動角 β 、バケット 33 の回動角 γ を演算する。また、姿勢演算部 72C は、エンコーダ 42A、43A、磁力センサ 44A において、各油圧シリンダ 34～36 のシリンダストロークセンサ 42～44 で取得したストローク値のリセットを行う。そして、姿勢演算部 72C は、IMU 49 の角速度、加速度より、油圧シリンダ 1 のロール角 θ_1 、ピッチ角 θ_2 を演算する。

[0036] 表示コントローラ 72 の記憶部 72A には、設計地形データが予め作成さ

れて記憶されている。設計地形データは、３次元の設計地形の形状及び位置に関する情報である。設計地形は、作業対象となる地面の目標形状を示す。表示コントローラ 72 は、設計地形データや上述した各種のセンサからの検出結果などのデータに基づいて、案内画面を表示入力装置 71 に表示させる。

また、記憶部 72 A は、作業機パラメータを記憶する。

[0037] [3] バケット 33 の刃先 P の位置の演算方法

次に、上述したバケット 33 の刃先 P の位置の演算方法について詳細に説明する。表示コントローラ 72 の姿勢演算部 72 C は、位置検出部 45 の検出結果、及び、記憶部 72 A に記憶されている複数のパラメータに基づいて、バケット 33 の刃先 P の推定位置を演算する。

パラメータは、作業機パラメータと、アンテナパラメータとを含む。作業機パラメータは、ブーム 31 とアーム 32 とバケット 33 との寸法と回動角とを示す複数のパラメータを含む。アンテナパラメータは、アンテナ 46、47 とブーム 31 との位置関係を示す複数のパラメータを含む。

[0038] 図 3 に示すように、表示コントローラ 72 の位置演算部 72 B は、第 1 推定位置演算部 72 D と、第 2 推定位置演算部 72 E とを備える。第 1 推定位置演算部 72 D は、作業機パラメータに基づいて、バケット 33 の刃先 P の車体座標系における推定位置を演算する。

第 2 推定位置演算部 72 E は、アンテナパラメータと、位置検出部 45 が検出したアンテナ 46、47 のグローバル座標系における推定位置と、第 1 推定位置演算部 72 D が演算したバケット 33 の刃先 P の車体座標系における推定位置とから、バケット 33 の刃先 P のグローバル座標系における推定位置を演算する。具体的には、バケット 33 の刃先 P の推定位置は、次のように求められる。

[0039] まず、図 2 に示すように、上部旋回体 5 の旋回中心を原点 O とする車体座標系 $x-y-z$ を設定する。なお、車体座標系は車体前後方向を x 軸、車体左右方向を y 軸、車体鉛直方向を z 軸とする。

また、以下の説明においてブームピン 37 を油圧シヨベル 1 の基準位置とする。ブームピン 37 の位置は、ブームピン 37 の車幅方向における中点の位置を意味するものとするが、実際は車体座標系に対するブームピン 37 の位置の座標を与えている。油圧シヨベル 1 の基準位置は、上部旋回体 5 上に任意に設定されてよい。

各シリンダストロークセンサ 42、43、44 の検出結果から、上述したブーム 31、アーム 32、バケット 33 の現在の回動角 α 、 β 、 γ が演算される。

車体座標系でのバケット 33 の刃先 P の座標 (x , y , z) は、ブーム 31、アーム 32、バケット 33 の回動角 α 、 β 、 γ と、作業パラメータであるブーム 31、アーム 32、バケット 33 の長さ $L1$ 、 $L2$ 、 $L3$ とを用いて、以下の式 (1) により演算される。

[0040] [数1]

$$\begin{aligned} x &= L1 \sin \alpha + L2 \sin(\alpha + \beta) + L3 \sin(\alpha + \beta + \gamma) \\ y &= 0 \\ z &= L1 \cos \alpha + L2 \cos(\alpha + \beta) + L3 \cos(\alpha + \beta + \gamma) \end{aligned}$$

・・・ (1)

[0041] また、式 (1) から求められた車体座標系でのバケット 33 の刃先 P の座標 (x , y , z) は、以下の式 (2) により、グローバル座標系での座標 (X , Y , Z) に変換される。

[0042] [数2]

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \kappa \cos \varphi & \cos \kappa \sin \varphi \sin \omega + \sin \kappa \cos \omega & -\cos \kappa \sin \varphi \cos \omega + \sin \kappa \sin \omega \\ -\sin \kappa \cos \varphi & -\sin \kappa \sin \varphi \sin \omega + \cos \kappa \cos \omega & \sin \kappa \sin \varphi \cos \omega + \cos \kappa \sin \omega \\ \sin \varphi & -\cos \varphi \sin \omega & \cos \varphi \cos \omega \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A \\ B \\ C \end{pmatrix}$$

・・・ (2)

[0043] 但し、 ω 、 φ 、 κ は以下の式 (3) のように表される。

[0044]

[数3]

$$\omega = \arcsin\left(\frac{\sin \theta 1}{\cos \varphi}\right)$$

$$\varphi = \theta 2$$

$$\kappa = -\theta 3$$

・・・ (3)

[0045] ここで、上述したとおり、 $\theta 1$ はロール角である。 $\theta 2$ はピッチ角である。また、図2 (C) に示されるように、 $\theta 3$ は、ヨー角であり、上述した車体座標系のx軸のグローバル座標系での方向角である。従って、ヨー角 $\theta 3$ は、位置検出部45によって検出された基準アンテナ46と方向アンテナ47との位置に基づいて演算される。(A, B, C)は、車体座標系の原点のグローバル座標系での座標である。

前述したアンテナパラメータは、アンテナ46、47と車体座標系の原点との位置関係、すなわち、アンテナ46、47とブームピン37の車幅方向における中点との位置関係を示す。

具体的には、図2 B及び図2 Cに示すように、アンテナパラメータは、ブームピン37と基準アンテナ46との間の車体座標系のx軸方向の距離Lbbxと、ブームピン37と基準アンテナ46との間の車体座標系のy軸方向の距離Lbbyと、ブームピン37と基準アンテナ46との間の車体座標系のz軸方向の距離Lbbzとを含む。また、アンテナパラメータは、ブームピン37と方向アンテナ47との間の車体座標系のx軸方向の距離Lbdxと、ブームピン37と方向アンテナ47との間の車体座標系のy軸方向の距離Lbdyと、ブームピン37と方向アンテナ47との間の車体座標系のz軸方向の距離Lbdzとを含む。

(A, B, C)は、アンテナ46、47が検出したグローバル座標系におけるアンテナ46、47の座標と、アンテナパラメータとに基づいて、演算される。

[0046] 表示コントローラ72は、前記のように演算したバケット33の刃先Pの現在位置と、記憶部72Aに記憶された設計地形データとに基づいて、3次

元設計地形とバケット 33 の刃先 P の距離を演算する。この距離を表示部 71 B に表示したり、掘削制御を行う時のパラメータとして使用したりすることができる。

[0047] 次に、シリンダストロークセンサ 42、43、44 の検出結果から、ブーム 31、アーム 32、バケット 33 の現在の回動角 α 、 β 、 γ を演算する方法について説明する。

図 7 は、ブーム 31 の側面図である。ブーム 31 の回動角 α は、図 7 に示されている作業機パラメータを用いて、以下の式 (4) によって表される、

[0048] [数4]

$$\alpha = \pi - \arctan\left(\frac{L_{boom2_x}}{L_{boom2_z}}\right) - \arccos\left(\frac{L_{boom1}^2 + L_{boom2}^2 - boom_cyl^2}{2 * L_{boom1} * L_{boom2}}\right) + \arctan\left(\frac{L_{boom1_z}}{L_{boom1_x}}\right) \quad \dots (4)$$

[0049] 図 7 に示すように、ブーム 31 の作業機パラメータである L_{boom2_x} は、ブームシリンダフットピン 34 A とブームピン 37 との間の、ブーム 31 が取り付けられる作業機械本体 2 の水平方向（すなわち車体座標系の x 軸方向に相当する）の距離である。ブーム 31 の作業機パラメータである L_{boom2_z} は、ブームシリンダフットピン 34 A とブームピン 37 との間の、ブーム 31 が取り付けられる作業機械本体 2 の鉛直方向（すなわち車体座標系の z 軸方向に相当する）の距離である。ブーム 31 の作業機パラメータである L_{boom1} は、ブームシリンダトップピン 34 B とブームピン 37 との間の距離である。ブーム 31 の作業機パラメータである L_{boom2} は、ブームシリンダフットピン 34 A とブームピン 37 との間の距離である。ブーム 31 の作業機パラメータである $boom_cyl$ は、ブームシリンダフットピン 34 A とブームシリンダトップピン 34 B との間の距離である。ブーム 31 の作業機パラメータである L_{boom1_z} は、ブームシリンダトップピン 34 B とブームピン 37 との間の z boom 軸方向の距離である。なお、側面視においてブームピン 37 とアームピン 38 とを結ぶ方向を xboom 軸とし、xboom 軸に垂直な方向を zboom 軸とする。ブーム 31 の作業機パラメータである L_{boom1_x} は、ブームシリンダトップピ

ン 3 4 B と ブーム ピン 3 7 と の 間 の xboom 軸 方 向 の 距 離 で あ る。

[0050] 図 8 は、アーム 3 2 の 側 面 図 で あ る。アーム 3 2 の 回 動 角 β は、図 7 及 び 図 8 に 示 さ れ て い る 作 業 機 パ ラ メータ を 用 い て、以 下 の 式 (5) に よ っ て 表 さ れ る。

[0051] [数 5]

$$\begin{aligned} \beta = & \arctan\left(\frac{L_{boom3_z}}{L_{boom3_x}}\right) + \arccos\left(\frac{L_{boom3}^2 + L_{arm2}^2 - arm_cyl^2}{2 * L_{boom3} * L_{arm2}}\right) + \arctan\left(\frac{L_{arm2_x}}{L_{arm2_z}}\right) \\ & + \arctan\left(\frac{L_{arm1_x}}{L_{arm1_z}}\right) - \pi \\ & \dots (5) \end{aligned}$$

[0052] 図 8 に 示 す よ う に、ブーム 3 1 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{boom3_z} は、アーム シリンダ フート ピン 3 5 A と アーム ピン 3 8 と の 間 の zboom 軸 方 向 の 距 離 で あ る。ブーム 3 1 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{boom3_x} は、アーム シリンダ フート ピン 3 5 A と アーム ピン 3 8 と の 間 の xboom 軸 方 向 の 距 離 で あ る。ブーム 3 1 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{boom3} は、アーム シリンダ フート ピン 3 5 A と アーム ピン 3 8 と の 間 の 距 離 で あ る。図 8 に 示 す よ う に、アーム 3 2 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{arm2} は、アーム シリンダ トッ プ ピン 3 5 B と アーム ピン 3 8 と の 間 の 距 離 で あ る。図 7 に 示 す よ う に、アーム 3 2 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る arm_cyl は、アーム シリンダ フート ピン 3 5 A と アーム シリンダ トッ プ ピン 3 5 B と の 間 の 距 離 で あ る。

[0053] 図 8 に 示 す よ う に、アーム 3 2 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{arm2_x} は、アーム シリンダ トッ プ ピン 3 5 B と アーム ピン 3 8 と の 間 の xarm2 軸 方 向 の 距 離 で あ る。アーム 3 2 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{arm2_z} は、アーム シリンダ トッ プ ピン 3 5 B と アーム ピン 3 8 と の 間 の zarm2 軸 方 向 の 距 離 で あ る。

尚、側面視においてアーム シリンダ トッ プ ピン 3 5 B と バケツ ピン 3 9 と を 結 ぶ 方 向 を xarm2 軸 と し、xarm2 軸 に 垂 直 な 方 向 を zarm2 軸 と す る。アーム 3 2 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{arm1_x} は、アーム ピン 3 8 と バケツ ピン 3 9 と の 間 の xarm2 軸 方 向 の 距 離 で あ る。アーム 3 2 の 作 業 機 パ ラ メータ で あ る L_{arm1_z} は、アーム ピン 3 8 と バケツ ピン 3 9 と の 間 の zarm2 軸 方 向 の 距 離

である。また、側面視においてアームピン 38 とバケットピン 39 とを結ぶ方向を xarm1 軸とする。アーム 32 の回動角 β は、xboom 軸と xarm1 軸との間のなす角である。

[0054] 図 9 は、バケット 33 及びアーム 32 の側面図である。図 10 は、バケット 33 の側面図である。バケット 33 の回動角 γ は、図 7 乃至から図 10 に示されている作業機パラメータを用いて、以下の式 (6) によって表される。

[0055] [数6]

$$\begin{aligned} \gamma = & \arctan\left(\frac{Larm1_z}{Larm1_x}\right) + \arctan\left(\frac{Larm3_z2}{Larm3_x2}\right) + \arccos\left(\frac{Ltmp^2 + Larm4^2 - Lbucket1^2}{2 * Ltmp * Larm4}\right) \\ & + \arccos\left(\frac{Ltmp^2 + Lbucket3^2 - Lbucket2^2}{2 * Ltmp * Lbucket3}\right) + \arctan\left(\frac{Lbucket4_x}{Lbucket4_z}\right) + \frac{\pi}{2} - \pi \\ & \dots (6) \end{aligned}$$

[0056] 図 8 に示すように、アーム 32 の作業機パラメータである Larm3_z2 は、第 1 リンクピン 40 A とバケットピン 39 との間の zarm2 軸方向の距離である。アーム 32 の作業機パラメータである Larm3_x2 は、第 1 リンクピン 40 A とバケットピン 39 との間の xarm2 軸方向の距離である。

図 10 に示すように、アーム 32 の作業機パラメータである Ltmp は、バケットシリンダトップピン 36 B とバケットピン 39 との間の距離である。アーム 32 の作業機パラメータである Larm4 は、第 1 リンクピン 40 A とバケットピン 39 との間の距離である。バケット 33 の作業機パラメータである Lbucket1 は、バケットシリンダトップピン 36 B と第 1 リンクピン 40 A との間の距離である。バケット 33 の作業機パラメータである Lbucket3 は、バケットピン 39 と第 2 リンクピン 41 A との間の距離である。バケット 33 の作業機パラメータである Lbucket2 は、バケットシリンダトップピン 36 B と第 2 リンクピン 41 A との間の距離である。

[0057] 図 10 に示すように、バケット 33 の作業機パラメータである Lbucket4_x は、バケットピン 39 と第 2 リンクピン 41 A との間の xbucket 軸方向の距離

である。バケット 3 3 の作業機パラメータである $L_{bucket4_z}$ は、バケットピン 3 9 と第 2 リンクピン 4 1 A との間の z_{bucket} 軸方向の距離である。

なお、側面視においてバケットピン 3 9 とバケット 3 3 の刃先 P とを結ぶ方向を x_{bucket} 軸とし、 x_{bucket} 軸に垂直な方向を z_{bucket} 軸とする。バケット 3 3 の回動角 γ は、 x_{bucket} 軸と x_{arm1} 軸との間のなす角である。上述した L_{tmp} は以下の式 (7) によって表される。

[0058] [数7]

$$\begin{aligned}
 L_{tmp} &= \sqrt{L_{arm4}^2 + L_{bucket1}^2 - 2L_{arm4} * L_{bucket1} * \cos \phi} \\
 \phi &= \pi + \sqrt{\frac{L_{arm3_z2}}{L_{arm3_x2}}} - \sqrt{\frac{L_{arm3_z1} - L_{arm3_z2}}{L_{arm3_x1} - L_{arm3_x2}}} \\
 &\quad - \arccos \left\{ \frac{L_{bucket1}^2 + L_{arm3}^2 - bucket_cyl^2}{2 * L_{bucket1} * L_{arm3}} \right\} \\
 &\dots (7)
 \end{aligned}$$

[0059] なお、図 8 に示すように、アーム 3 2 の作業機パラメータである L_{arm3} は、バケットシリンダフートピン 3 6 A と第 1 リンクピン 4 0 A との間の距離である。アーム 3 2 の作業機パラメータである L_{arm3_x1} は、バケットシリンダフートピン 3 6 A とバケットピン 3 9 との間の x_{arm2} 軸方向の距離である。アーム 3 2 の作業機パラメータである L_{arm3_z1} は、バケットシリンダフートピン 3 6 A とバケットピン 3 9 との間の z_{arm2} 軸方向の距離である。

[0060] また、上述した $boom_cyl$ は、図 1 1 に示すように、ブームシリンダストロークセンサ 4 2 が検出したブームシリンダ 3 4 のストローク長 bss に、ブーム 3 1 の作業機パラメータであるブームシリンダオフセット作業機パラメータ $boft$ を加えた値である。同様に、 arm_cyl は、アームシリンダストロークセンサ 4 3 が検出したアームシリンダ 3 5 のストローク長 ass に、アーム 3 2 の作業機パラメータであるアームシリンダオフセット作業機パラメータ $aoft$ を加えた値である。同様に、 $bucket_cyl$ は、バケットシリンダストロークセンサ 4 4 が検出したバケットシリンダ 3 6 のストローク長 $bkss$ に、バケットシリンダ 3 6 の最小距離を含んだバケット 3 3 の作業機パラメータであるバケットシリンダオフセット作業機パラメータ $bkoft$ を加えた値である。

[0061] [4] 較正部 80 の構成

図 3 に示される較正部 80 は、油圧ショベル 1 おいて、上述した回動角 α 、 β 、 γ の演算、及び、バケット 33 の刃先 P の位置を演算するために必要な作業機パラメータを較正するための部分である。

較正部 80 は、較正演算部 83 を備え、油圧ショベル 1 及び外部計測装置 84 と共に、上述した作業機パラメータを較正するための較正装置を構成する。外部計測装置 84 は、バケット 33 の刃先 P の位置を計測する装置であり、例えば、トータルステーションを用いることができる。また、較正部 80 は、車内通信によって表示コントローラ 72 とデータ通信を行うことができる。

[0062] 較正部 80 を構成する後述する計測値取得部 83A は、車内通信によって外部計測装置 84 とデータ通信を行うことができる。

較正演算部 83 は、CPU 等で構成され、外部計測装置 84 によって計測された計測値に基づいて作業機パラメータの較正を行う。作業機パラメータの較正は、例えば、油圧ショベル 1 の出荷時やメンテナンス後の初期設定において実行される。

作業パラメータの較正結果は、表示入力装置 71 の表示部 71B に表示され、オペレータは、この較正結果を確認することにより、較正がうまくいったか、再度較正しなければならないかを確認することができる。

[0063] 具体的には、図 12 の機能ブロック図に示されるように、較正演算部 83 は、計測値取得部 83A と、座標系変換部 85 と、作業機パラメータ取得部 86 と、パラメータ較正部 87 とを備える。

座標系変換部 85 は、外部計測装置 84 で計測された計測値を車体座標系に変換する部分である。具体的な車体座標系への変換は後述するが、車体座標系に変換された計測値は、パラメータ較正部 87 に出力される。

作業機パラメータ取得部 86 は、表示コントローラ 72 の記憶部 72A に格納されたデフォルトの作業機パラメータを読み出す部分であり、読み出された作業機パラメータはパラメータ較正部 87 に出力される。なお、デフォ

ルトの作業機パラメータは図面值、寸法測定等で得られた値、前回の較正值を必要に応じ使用する。

[0064] パラメータ較正部 87 は、作業機パラメータ取得部 86 から出力されたデフォルトの作業機パラメータを、座標系変換部 85 で車体座標系に変換された計測値に基づいて、較正する部分であり、第 1 較正部 88 及び第 2 較正部 89 を備える。

第 1 較正部 88 は、作業機パラメータ取得部 86 で取得されたブーム 31 及びアーム 32 の作業機パラメータを較正する部分である。

第 2 較正部 89 は、第 1 較正部 88 で較正されたブーム 31 及びアーム 32 の作業機パラメータを用い、これに基づいて、バケット 33 の作業機パラメータの較正する部分である。

パラメータ較正部 87 の各較正部 88、89 は、較正されたブーム 31、アーム 32、及びバケット 33 の作業機パラメータを表示部 71B に出力する。

[0065] [5] 較正部 80 による較正手順

[5-1] 外部計測装置 84 による計測

図 13 は、計測者が較正時に行う作業手順を示すフローチャートである。

まず、計測者は、外部計測装置 84 を、ブームピン 37 の真横に所定の距離隔てて設置する（手順 S1）。

次に、計測者は、バケット 33 の外形輪郭点とバケット接続位置（バケットピン 39）との位置関係を示す角度等の作業機パラメータの計測を行う（手順 S2）。バケット 33 の作業機寸法測定は、外部計測装置 84 を用いて計測してもよいが、外部計測装置 84 を用いなくとも、メジャー等で直接計測し、計測者が表示入力装置 71 の入力部 71A から手動で入力してもよい。

[0066] 計測者は、外部計測装置 84 により、旋回面の測定を行う（手順 S3）。

トータルステーションで計測する場合、旋回面の測定は、旋回体を複数の旋回角（ヨ一角 $\theta 3$ ）を変化させながら旋回体の位置を計測する。旋回体の位置

は、油圧ショベル 1 の作業機械本体 2 の後部のカウンタウェイト等にプリズム等のマーカーを装着し、トータルステーションから光波を射出し、プリズムの反射光を検出することにより、測定することができ、旋回軌道の 3 箇所測定すれば旋回面を計測することができる。

計測者は、外部計測装置 84 により、図 14 に示すブームピン 37 の側面中心位置 P1 を計測する（手順 S4）。

[0067] ブームピン 37 の側面中心位置 P1 の計測が終了したら、オペレータは、図 15 に示すようにブーム 31 とアーム 32 とを駆動し、複数の作業姿勢に変更する。計測者は、それぞれのアーム 32 の先端のバケットピン 39 の位置を計測する（手順 S5）。バケットピン 39 の位置の計測は、ブーム 31 を最も上げた位置 P2、ブーム 31 を作業方向に延ばし、かつアーム 32 を作業方向に延ばした位置 P3、ブーム 31 を作業方向に延ばし、かつアーム 32 を引き寄せた位置 P4 の 3 姿勢で計測を行う。なお、バケットピン 39 の位置の計測は、3 姿勢に限らず任意に決めることができる。

[0068] 次に、オペレータは、図 16 に示すようにバケット 33 を駆動し、複数のバケット姿勢に変更する。計測者は、バケット 33 の刃先 P の位置を計測する（手順 S6）。バケット 33 の刃先 P の位置の計測は、バケット 33 を延ばした位置 P5 と、バケット 33 を引き込んだ位置 P6 の 2 姿勢で計測を行う。なお、バケット 33 の計測姿勢は、2 姿勢に限らず任意に決めることができる。

最後に計測者は、GPS 位置の測定を行う（手順 S7）。

なお、以上で説明した手順 S2～手順 S7 で計測された各計測値は、計測される毎に、較正部 80 の計測値取得部 83A に出力され、外部計測装置 84 から入力された各計測値は、順次座標系変換部 85 によってグローバル座標系から車体座標系への座標変換が行われる。

[0069] [5-2] 較正部 80 における較正処理

次に、較正部 80 におけるパラメータの較正処理を図 17 に示されるフローチャートに基づいて説明する。

作業機パラメータ取得部 86 は、表示コントローラ 72 の記憶部 72A から作業機パラメータの読み込みを行い、パラメータ較正部 87 に出力する（手順 S8）。

外部計測装置 84 から出力された計測値は、計測値取得部 83A に入力される（手順 S9）。座標系変換部 85 は、計測値取得部 83A に入力された計測値を車体座標系に変換する（手順 S10）。

ここで、計測値を車体座標系に変換する方法は、図 15 に示されるバケットピン 39 の計測位置 P2～P4 から作業機 3 の作業平面を求め、作業平面の法線単位ベクトルと重心座標を求め、図 14 に示されるブームピン 37 の計測位置 P1 を作業平面上に投影する。

次に、旋回面を求め、その法線単位ベクトルを求める。旋回面及び作業平面の 2 つの法線ベクトルの外積をとって、油圧ショベル 1 の前後方向のベクトルを求める。

[0070] 求められた前後方向のベクトルと、求められた作業平面とに基づいて、上下方向のベクトル（前後方向ベクトルに直交し、かつ作業平面内のベクトル）を求める。また、前後方向のベクトルと、求められた旋回面に基づいて、左右方向のベクトル（前後方向ベクトルに直交し、かつ旋回面内のベクトル）を求める。

これら前後、左右、上下方向に基づいて、計測値の座標系から車体座標系に変換する回転行列を求め、ブームピン 37 を原点とした車体座標系の位置情報に変換する。

[0071] 次に、第 1 較正部 88 は、計測位置 P2～P4 の座標と、姿勢演算部 72C で演算されたそのときの姿勢に基づいて、ブーム 31 及びアーム 32 の作業機パラメータを収束演算により求める。（手順 S11）。具体的には、以下の式（8）に示すように、最小二乗法により作業機パラメータの較正值の収束演算を行う。

[0072]

[数8]

$$J_1 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{L_1 \sin(\alpha_k) + L_2 \sin(\alpha_k + \beta_k)\}^2 + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{L_1 \cos(\alpha_k) + L_2 \cos(\alpha_k + \beta_k)\}^2$$

・・・ (8)

[0073] 上記の k の値は、図15における計測位置 $P_2 \sim P_4$ に相当する。従って、 $n=3$ である。 (x_1, z_1) は、車体座標系での計測位置 P_2 の座標である。 (x_2, z_2) は、車体座標系での計測位置 P_3 の座標である。 (x_3, z_3) は、車体座標系での計測位置 P_4 の座標である。この式(8)の関数 J_1 が最小になる点を探索していることにより、作業機パラメータの較正値が演算される。

[0074] 第1較正部88は、式(8)の値が所定の許容範囲に入っているか否かを判定する(手順S12)。

第1較正部88は、誤差が所定の許容範囲内に入っていない場合、収束演算が所定回数以内であるかを判定する(手順S13)。収束演算が所定回数(N)未満である場合、手順S11に戻る。

収束演算が所定回数(N)に達した場合、較正作業が失敗した旨を表示部71B上に表示させ、計測者は及びオペレータに認識させ、先の手順に進めないようにする(手順S14)。

計測者及びオペレータは、手順S8に戻り、手順S8～手順S11を繰り返す。

第1較正部88は、誤差が所定の許容範囲内に入っていると判定されたら、誤差が許容範囲内に収まったという情報を表示部71B上に表示させ(手順S14)、計測者及びオペレータに認識させ作業機パラメータの修正を行い(手順S15)、第1較正部88は、先の手順にすすむことを許可する。

第1較正部88は、較正されたブーム31及びアーム32の作業機パラメータを、第2較正部89に出力する。

[0075] 第2較正部89は、第1較正部88で較正された作業機パラメータと、計測位置 P_5 、 P_6 の複数の作業機姿勢をとったときの計測位置の計測値と、

姿勢演算部 7 2 C で演算されたそのときの姿勢とに基づいて、バケット 3 3 の作業機パラメータの較正值を収束演算により求める（手順 S 1 6）。具体的には、第 2 較正部 8 9 は、計測位置 P 5、計測位置 P 6 の複数のバケット姿勢をとったときの計測位置の座標と、そのときのシリンダストローク長により、作業機パラメータを収束演算により求める。具体的には、下記式（9）に基づいて、作業機パラメータの較正值の収束演算を行う。

[0076] [数9]

$$J_2 = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{L_1 \sin(\alpha_k) + L_2 \sin(\alpha_k + \beta_k) + L_3 \sin(\alpha_k + \beta_k + \gamma_k) - x_k\}^2 \\ + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{L_1 \cos(\alpha_k) + L_2 \cos(\alpha_k + \beta_k) + L_3 \cos(\alpha_k + \beta_k + \gamma_k) - z_k\}^2$$

[0077] 式（9）において、k の値は、図 1 6 における計測位置 P 5、P 6 である。従って、n = 2 である。（x 4, y 4）は車体座標系での計測位置 P 5 の座標である。（x 5, y 5）は車体座標系での計測位置 P 6 の座標である。式（9）の関数 J₂ が最小になる点を探索していることにより、作業機パラメータの較正值が演算される。

[0078] 第 2 較正部 8 9 は、式（9）の J₂ が所定の許容範囲内に入っているか否かを判定する（手順 S 1 7）。

第 2 較正部 8 9 は、誤差が所定の許容範囲内に入っていない場合、収束演算が所定回数以内であることを判定する（手順 S 1 8）。収束演算が所定回数（N）未満である場合、手順 S 1 6 に戻る。

収束演算が所定回数（N）に達した場合、較正作業が失敗した旨を表示部 7 1 B 上に表示させ、計測者は及びオペレータに認識させ、先の手順に進めないようにする（手順 S 1 9）。

[0079] 第 2 較正部 8 9 は、誤差が所定の許容範囲内に入っていると判定されたら、誤差が許容範囲内に収まったという情報を表示部 7 1 B 上に表示させ、計測者及びオペレータに認識させる（手順 S 1 9）。

パラメータ較正部 8 7 は、較正された作業機パラメータを表示コントローラ 7 2 に出力し、表示コントローラ 7 2 の記憶部 7 2 A に、新たな作業機フ

ファイルのパラメータとして書き込む（手順S20）。

なお、本実施形態では、第1較正部88により設定する許容誤差は、第2較正部89で設定する許容誤差より小さい誤差を設定している。許容誤差をこのように設定すると、バケット33に対して作業機寸法の大きい第1駆動部（ブーム31及びアーム32）の誤差は、バケット33の刃先Pの誤差の要因として、第2駆動部（バケット33）の誤差より寄与が大きい。第1駆動部の作業機パラメータの誤差を小さくすることで刃先Pの誤差を小さくすることができる。

[0080] [6] 実施形態の効果

図18に示されるように、油圧ショベル1の作業機3の稼働範囲内でバケット33の刃先Pの位置を変化させ、外部計測装置84による刃先Pの位置の計測値と、作業機パラメータに基づいて演算した刃先Pの位置の推定値との誤差を確認した。

従来の手法による刃先Pの位置を5姿勢で較正した場合、バケット33の下方位置や、作業方向先端側で推定位置と計測位置の誤差が大きくなってしまった。

これに対して、本実施形態によれば、第1較正部88で誤差の小さい第1駆動部を構成する部材のシリンダストロークを用いて、第1駆動部を較正する部材の作業機パラメータの較正を行うことにより、第1駆動部を構成する部材のパラメータが高精度に較正できるようになる。高精度に較正した第1駆動部を構成する部材の作業機パラメータを用いて、第2駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正することにより、第2駆動部を構成する部材の作業機パラメータの較正も従来より高精度に行うことができる。その結果、刃先Pの位置の計測位置と演算した刃先Pの位置の推定値の誤差も少なくなった。

これにより、作業機3の全動作領域において誤差が小さくなる。特に、作業機3の寸法が長くなる場合、誤差の改善は顕著である。

[0081] [6] 実施形態の変形

なお、本発明は前述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、前記実施形態では、油圧ショベル１を較正の対象としていたが、本発明はこれに限らず、ホイールローダーや他の作業機械に適用してもよい。

また、前記実施形態で行った外部計測装置８４による計測の手順は、これに限られず、他の順番でもよい。

符号の説明

[0082] １…油圧ショベル、２…作業機械本体、３…作業機、４…下部走行体、４Ａ…走行装置、４Ｂ…履帯、５…上部旋回体、６…キャブ、３１…ブーム、３２…アーム、３３…バケット、３４…ブームシリンダ、３４Ａ…ブームシリンダフットピン、３４Ｂ…ブームシリンダトップピン、３５…アームシリンダ、３５Ａ…アームシリンダフットピン、３５Ｂ…アームシリンダトップピン、３６…バケットシリンダ、３６Ａ…バケットシリンダフットピン、３６Ｂ…バケットシリンダトップピン、３７…ブームピン、３８…アームピン、３９…バケットピン、４０…第１リンク部材、４０Ａ…第１リンクピン、４１…第２リンク部材、４１Ａ…第２リンクピン、４２…ブームシリンダストロークセンサ、４２Ａ…第１エンコーダ、４２Ａ１…発光部、４２Ａ２…円盤部、４２Ａ３…受光部、４２Ａ４…透孔、４２Ａ５…透孔、４２Ａ６…受光素子、４３…アームシリンダストロークセンサ、４３Ａ…第２エンコーダ、４４…バケットシリンダストロークセンサ、４４Ａ…磁力センサ、４４Ｂ、４４Ｃ…センサ、４４Ｄ…磁石、４５…位置検出部、４６…基準アンテナ、４７…方向アンテナ、４８…位置演算器、４９…ＩＭＵ、５１…操作装置、５２…作業機コントローラ、５２Ａ…記憶部、５２Ｂ…演算部、５３…油圧制御回路、５４…油圧ポンプ、５４Ａ…エンジン、５５…作業機操作レバー、５５Ｌ…左操作レバー、５５Ｒ…右操作レバー、５６…作業機操作検出部、５９…旋回操作レバー、６０…旋回操作検出部、６１…油圧モータ、７０…表示システム、７１…表示入力装置、７１Ａ…入力部、７１Ｂ…表示部

、 7 2 …表示コントローラ、 7 2 A …記憶部、 7 2 C …姿勢演算部、 7 2 D …第 1 推定位置演算部、 7 2 E …第 2 推定位置演算部、 8 0 …較正装置、 8 1 …入力部、 8 2 …表示部、 8 3 …較正演算部、 8 3 A …計測値取得部、 8 4 …外部計測装置、 8 5 …座標系変換部、 8 6 …作業機パラメータ取得部、 8 7 …パラメータ較正部、 8 8 …第 1 較正部、 8 9 …第 2 較正部、 3 4 1 …シリンダチューブ、 3 4 2 …ピストン、 3 6 1 …シリンダチューブ、 3 6 2 …ピストン、 P …刃先、 α …回動角、 β …回動角、 γ …回動角、 $\theta 1$ ロール角、 $\theta 2$ …ピッチ角、 $\theta 3$ …ヨー角

請求の範囲

[請求項1]

作業機械本体と、

前記作業機械本体に回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられた第1油圧シリンダにより駆動される第1駆動部、及び、前記第1駆動部に回動自在に接続され、前記第1駆動部に設けられた第2油圧シリンダにより駆動される第2駆動部を備えた作業機と、

前記作業機械本体に対する前記第1駆動部の回動角情報を検出する第1回動角検出部と、

前記第1駆動部に対する前記第2駆動部の回動角情報を検出する第2回動角検出部と、

検出された第1駆動部及び第2駆動部の回動角情報に基づいて、前記第1駆動部及び前記第2駆動部の姿勢を演算する姿勢演算部と、

前記第1駆動部及び前記第2駆動部を構成する部材に設定された作業機パラメータと、前記姿勢演算部で演算された前記第1駆動部及び前記第2駆動部の姿勢とに基づいて、前記第1駆動部及び前記第2駆動部の基準点の推定位置を演算する推定位置演算部と、を備えた作業機械に装備され、前記作業機パラメータの較正を行う作業機械の較正装置であって、

外部計測装置で計測された、前記作業機械本体、前記第1駆動部、及び前記第2駆動部の基準点の計測値を取得する計測値取得部と、

前記推定位置演算部で用いる前記第1駆動部及び前記第2駆動部を構成する部材の作業機パラメータを取得する作業機パラメータ取得部と、

前記計測値取得部で計測された前記作業機械本体の基準点の計測値、及び前記第1駆動部の基準点の計測値に基づいて、前記第1駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正する第1較正部と、

前記第1較正部で較正された前記第1駆動部を構成する部材の作業機パラメータと、前記計測値取得部で取得された前記作業機械本体の

基準点の計測値、前記第 1 駆動部の基準点の計測値、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値とに基づいて、前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正する第 2 校正部とを備えていることを特徴とする作業機械の校正装置。

[請求項2] 請求項 1 に記載の作業機械の校正装置において、

前記第 1 の回動角検出部及び前記第 2 の回動角検出部は、前記第 1 油圧シリンダ及び前記第 2 油圧シリンダに設けられ、それぞれのストローク量を検出するストローク量検出部であることを特徴とする作業機械の校正装置。

[請求項3] 請求項 2 に記載の作業機械の校正装置において、

前記作業機械は、前記作業機械本体に対する前記第 1 駆動部の回動角を検出するエンコーダを備え、

前記姿勢演算部は、前記エンコーダで検出された前記第 1 駆動部の回動角の基準位置に基づいて、前記ストローク量検出部の基準位置の校正を行うことを特徴とする作業機械の校正装置。

[請求項4] 請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項に記載の作業機械の校正装置において、

前記第 1 校正部及び前記第 2 校正部は、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータと、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値とを含む数値解析式が、所定の誤差範囲に収束するまで収束演算を行うことにより校正し、

前記第 2 校正部の許容誤差範囲が、前記第 1 校正部の許容誤差範囲よりも大きいことを特徴とする作業機械の校正装置。

[請求項5] 請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の作業機械の校正装置において、

前記第 1 駆動部は、前記作業機械本体にピンを介して回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられたブームシリンダにより駆動されるブームと、前記ブームの先端にピンを介して回動自在に接続され

、前記ブームに設けられたアームシリンダにより駆動されるアームとを備え、

前記第 2 駆動部は、前記アームの先端にピンを介して接続されるバケットであり、

前記第 1 駆動部の基準点は、前記アームの先端のピンであり、

前記第 2 駆動部の基準点は、前記バケットの作業方向先端であることを特徴とする作業機械の較正装置。

[請求項6] 請求項 5 に記載の作業機械の較正装置において、

前記第 1 較正部は、前記作業機械の 3 姿勢に基づいて、前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正し、

前記第 2 較正部は、前記作業機械の 2 姿勢に基づいて、前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを較正することを特徴とする作業機械の較正装置。

[請求項7] 作業機械本体と、

前記作業機械本体に回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられたブームシリンダにより駆動されるブーム、前記ブームに回動自在に接続され、前記ブームに設けられたアームシリンダにより駆動されるアーム、及び前記アームに回動自在に接続され、前記アームに設けられたバケットシリンダにより駆動されるバケットを備えた作業機と、

前記作業機械本体に対する前記ブームの回動角情報を検出するブーム回動角検出部と、

前記ブームに対する前記アームの回動角情報を検出するアーム回動角検出部と、

前記アームに対する前記バケットの回動角情報を検出するバケット回動角検出部と、

前記ブーム回動角検出部、前記アーム回動角検出部、及び前記バケット回動角検出部で検出されたそれぞれの回動角情報に基づいて、前

記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの姿勢を演算する姿勢演算部と、

前記ブーム、前記アーム、前記バケットに設定された作業機パラメータと、前記姿勢演算部で演算された前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの姿勢とに基づいて、前記バケットの刃先の推定位置を演算する推定位置演算部と、を備えた作業機械に装備され、前記作業機パラメータの校正を行う作業機械の校正装置であって、

外部計測装置で計測された、前記作業機械本体の基準点の計測値、前記第1駆動部の基準点の計測値、及び前記第2駆動部の基準点の計測値を取得する計測値取得部と、

前記推定位置演算部で用いる前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの作業機パラメータを取得する作業機パラメータ取得部と、

前記計測値取得部で取得された前記作業機械本体、前記ブーム、及び前記アームの基準点の計測値に基づいて、前記ブーム及び前記アームの作業機パラメータを校正する第1校正部と、

前記第1校正部で校正された前記ブーム及び前記アームの作業機パラメータと、前記計測値取得部で取得された、前記作業機械本体、前記ブーム、前記アーム、及び前記バケットの基準点の計測値とに基づいて、前記バケットの作業機パラメータを校正する第2校正部とを備えていることを特徴とする作業機械の校正装置。

[請求項8]

作業機械本体と、

前記作業機械本体に回動自在に接続され、前記作業機械本体に設けられた第1油圧シリンダにより駆動される第1駆動部、及び、前記第1駆動部に回動自在に接続され、前記第1駆動部に設けられた第2油圧シリンダにより駆動される第2駆動部を備えた作業機と、

前記作業機械本体に対する前記第1駆動部の回動角情報を検出する第1回動角検出部と、

前記第1駆動部に対する前記第2駆動部の回動角情報を検出する第

2 回動角検出部と、

検出された第 1 駆動部及び第 2 駆動部の回動角情報に基づいて、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の姿勢を演算する姿勢演算部と、

前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材に設定された作業機パラメータと、前記姿勢演算部で演算された前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の姿勢とに基づいて、前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部の基準点の推定位置を演算する推定位置演算部と、を備えた作業機械で実施され、前記作業機パラメータを校正する作業機械の作業機パラメータの校正方法であって、

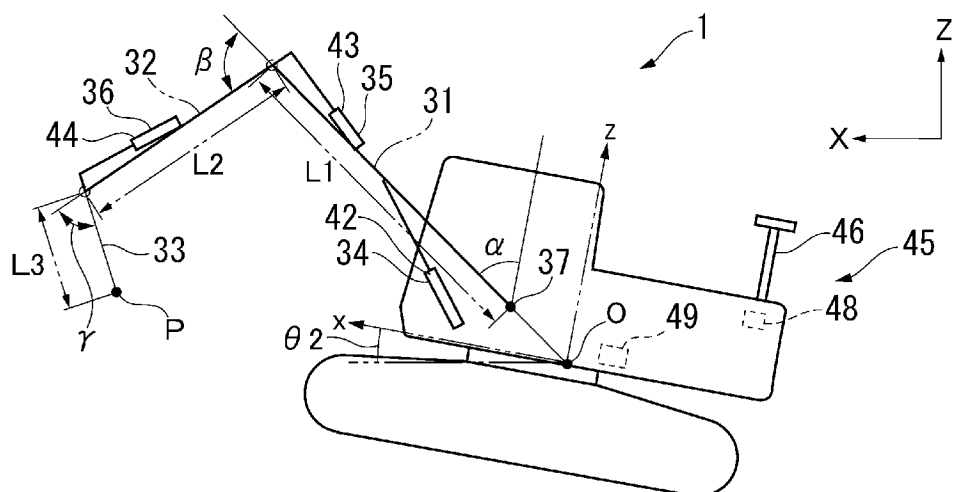
前記第 1 駆動部及び前記第 2 駆動部を構成する部材に設定された作業機パラメータを取得する手順と、

外部計測装置を用いて計測された、前記作業機械本体、前記第 1 駆動部、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値を取得する手順と、

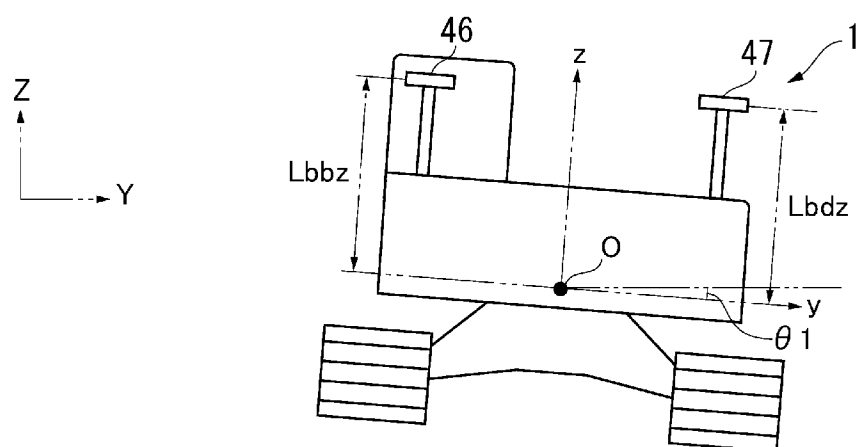
前記作業機械本体及び前記第 1 駆動部の基準点の計測値に基づいて、前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正する手順と、

校正された前記第 1 駆動部を構成する部材の作業機パラメータと、前記作業機械本体、前記第 1 駆動部、及び前記第 2 駆動部の基準点の計測値とに基づいて、前記第 2 駆動部を構成する部材の作業機パラメータを校正する手順とを実施することを特徴とする作業機械の作業機パラメータの校正方法。

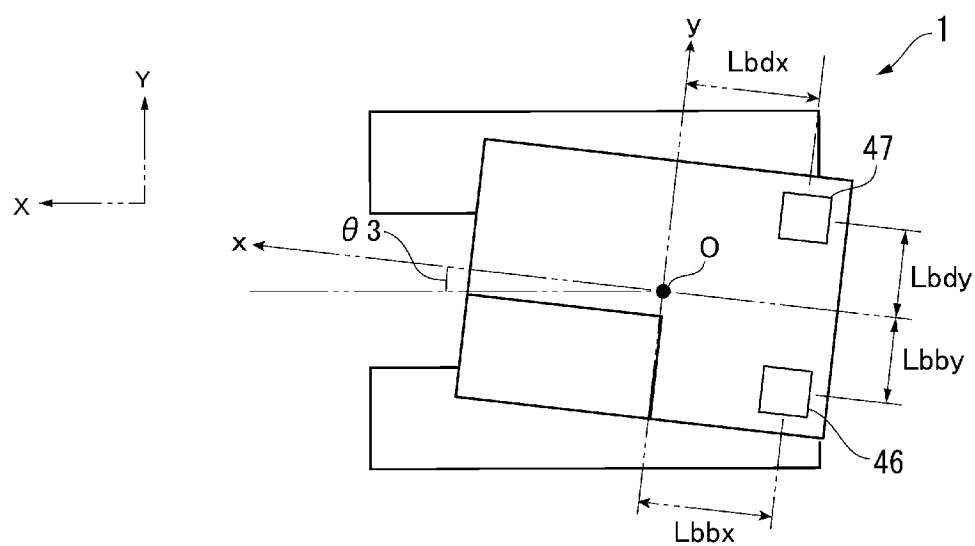
[図2A]



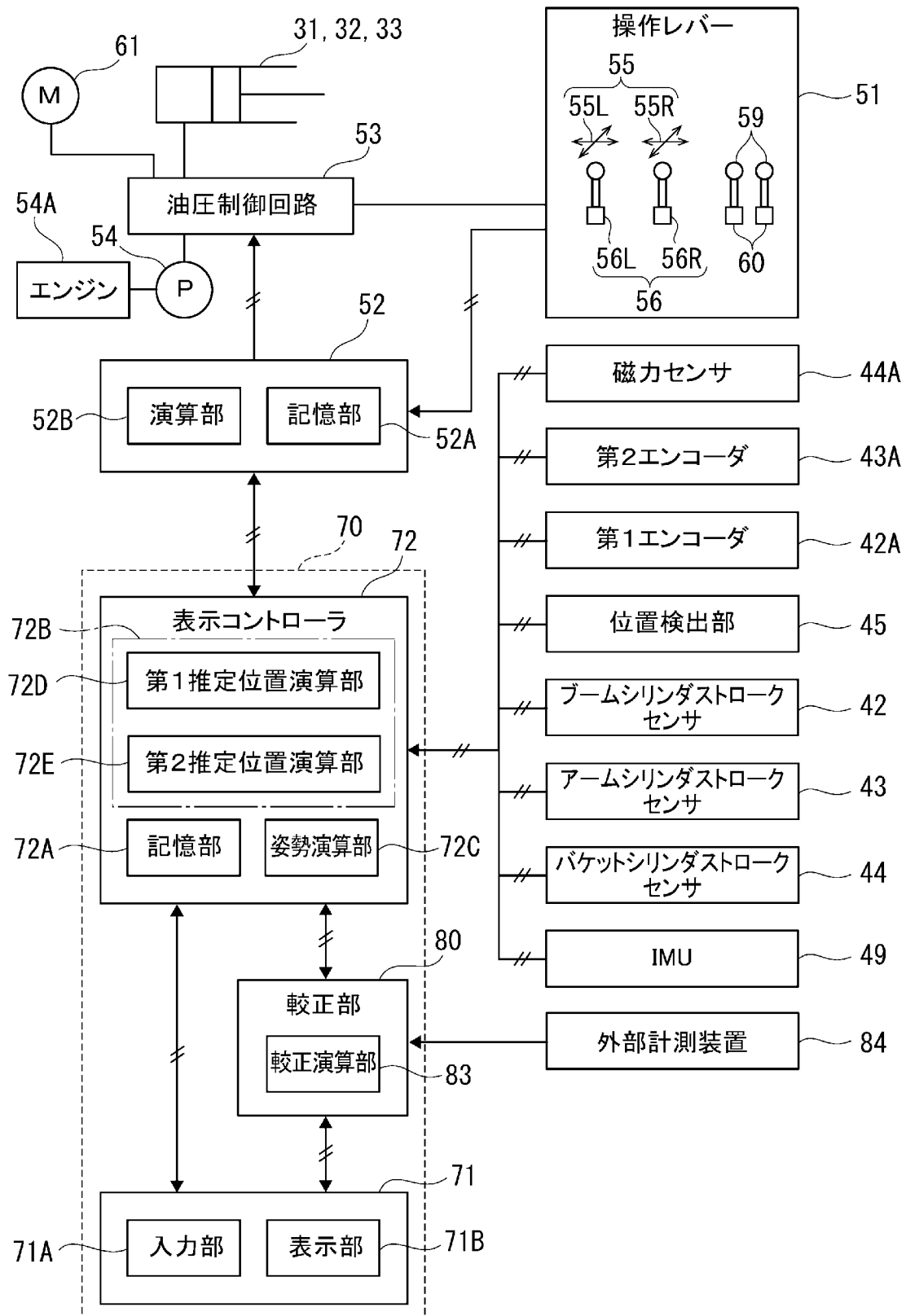
[図2B]



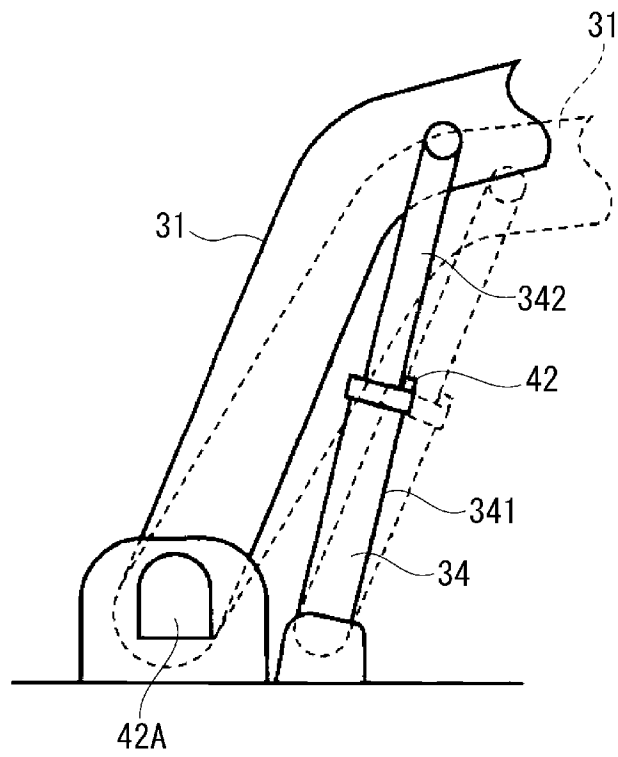
[図2C]



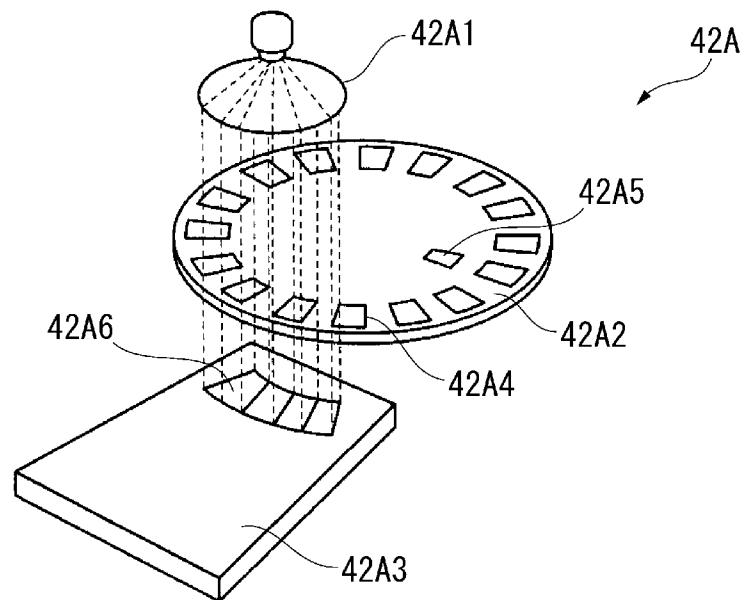
[図3]



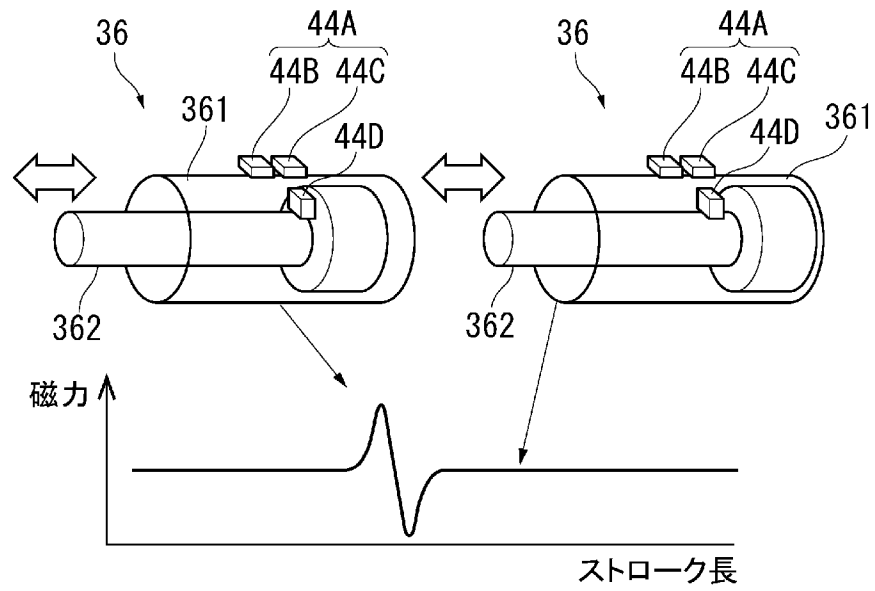
[図4]



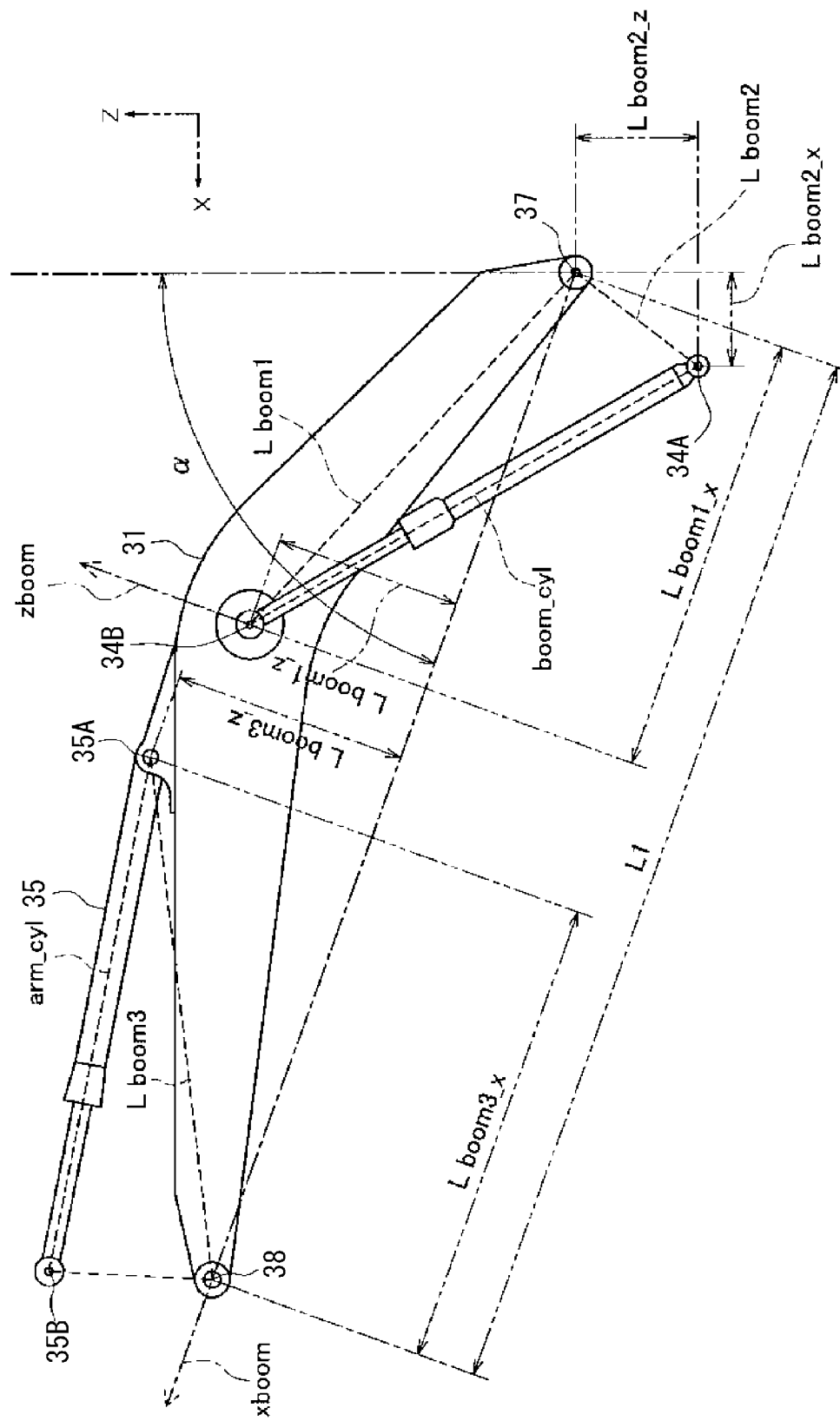
[図5]



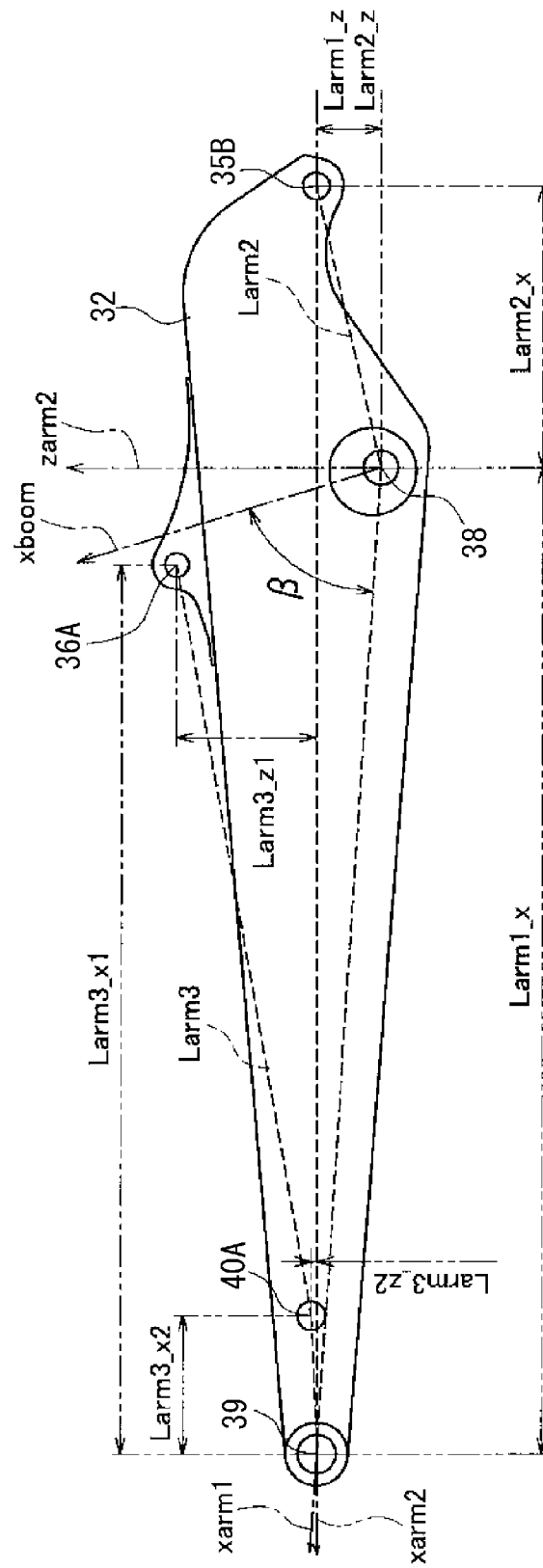
[図6]



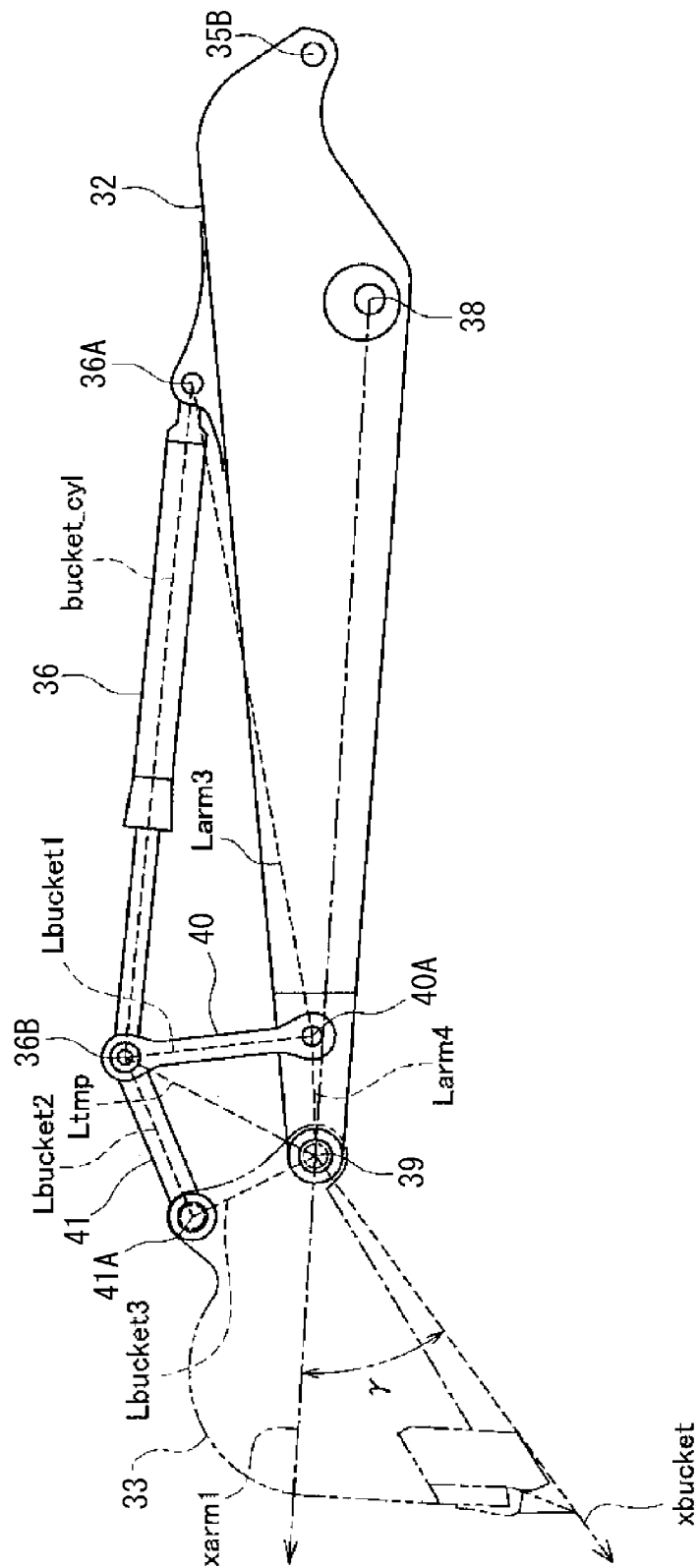
[図7]



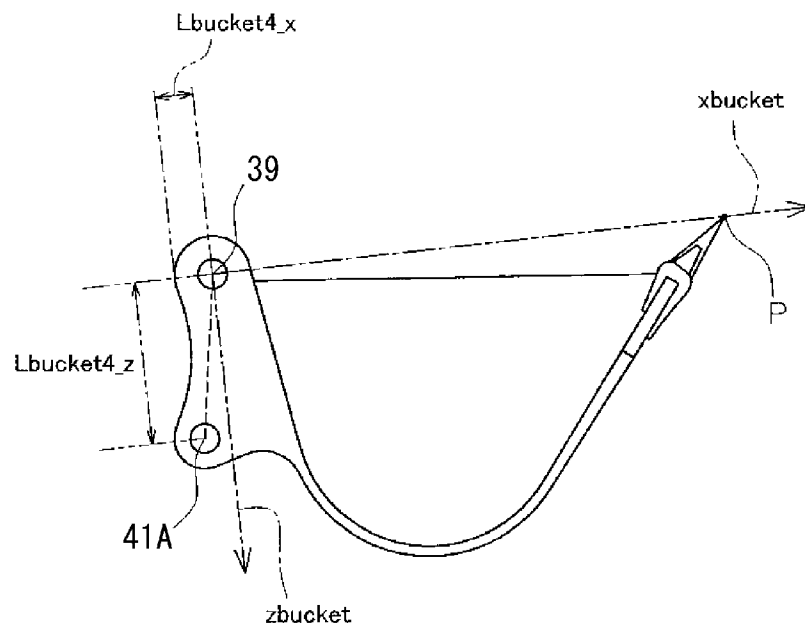
[図8]



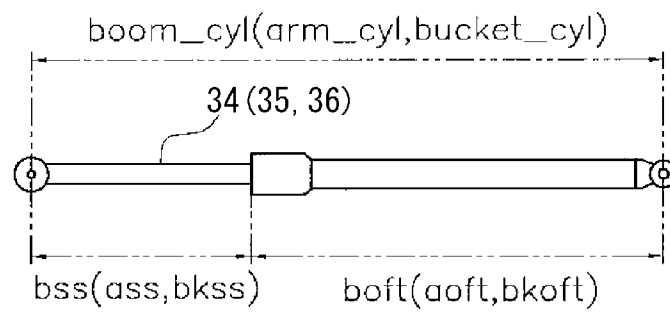
[図9]



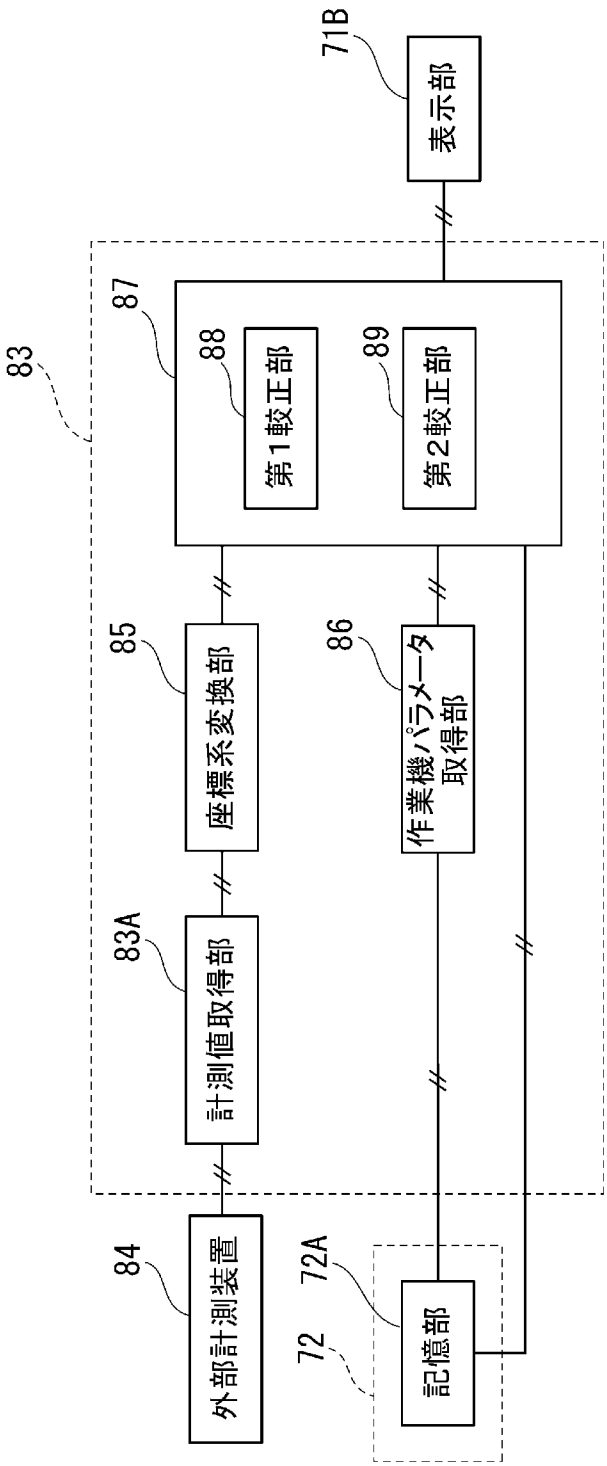
[図10]



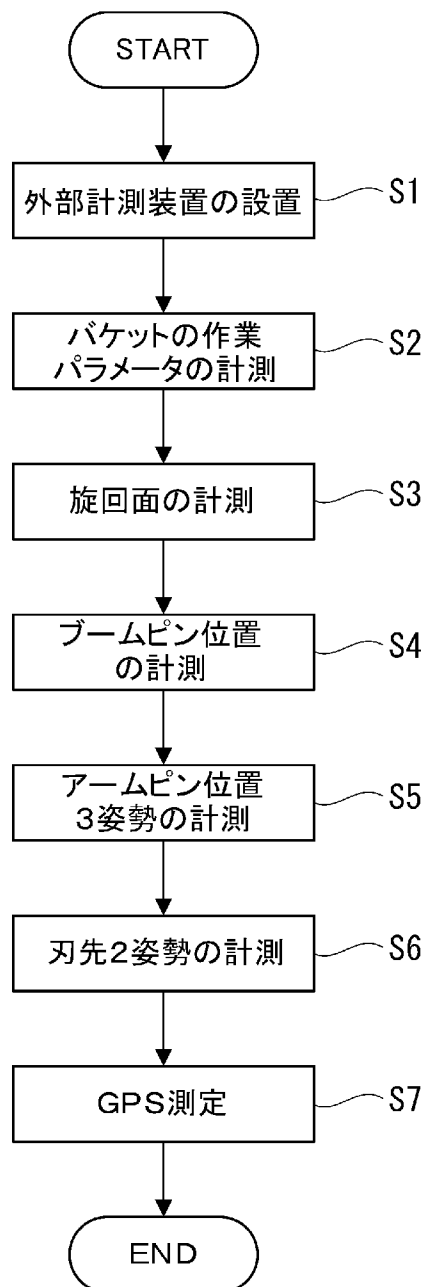
[図11]



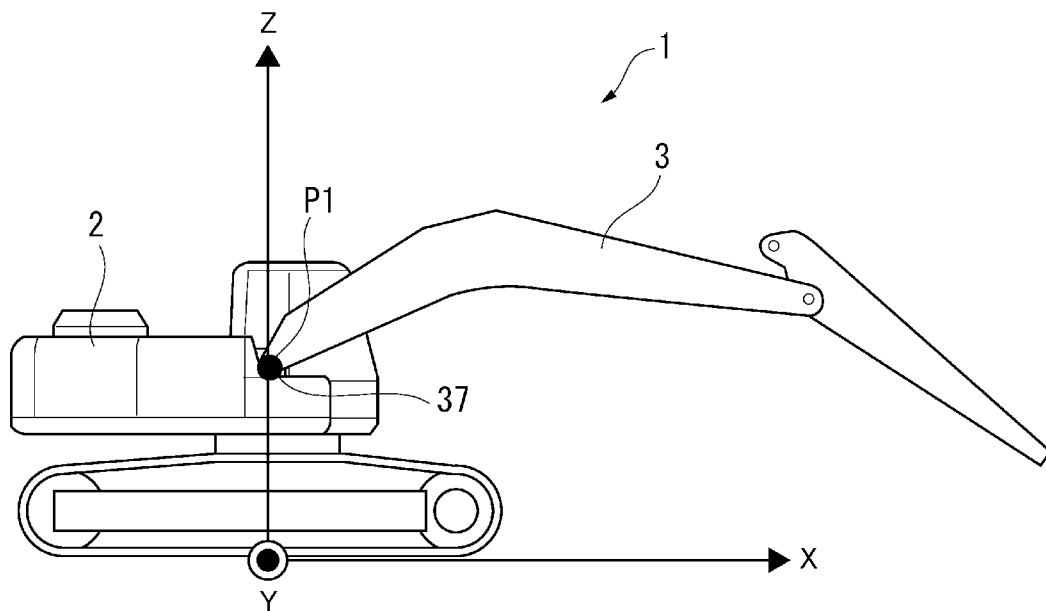
[図12]



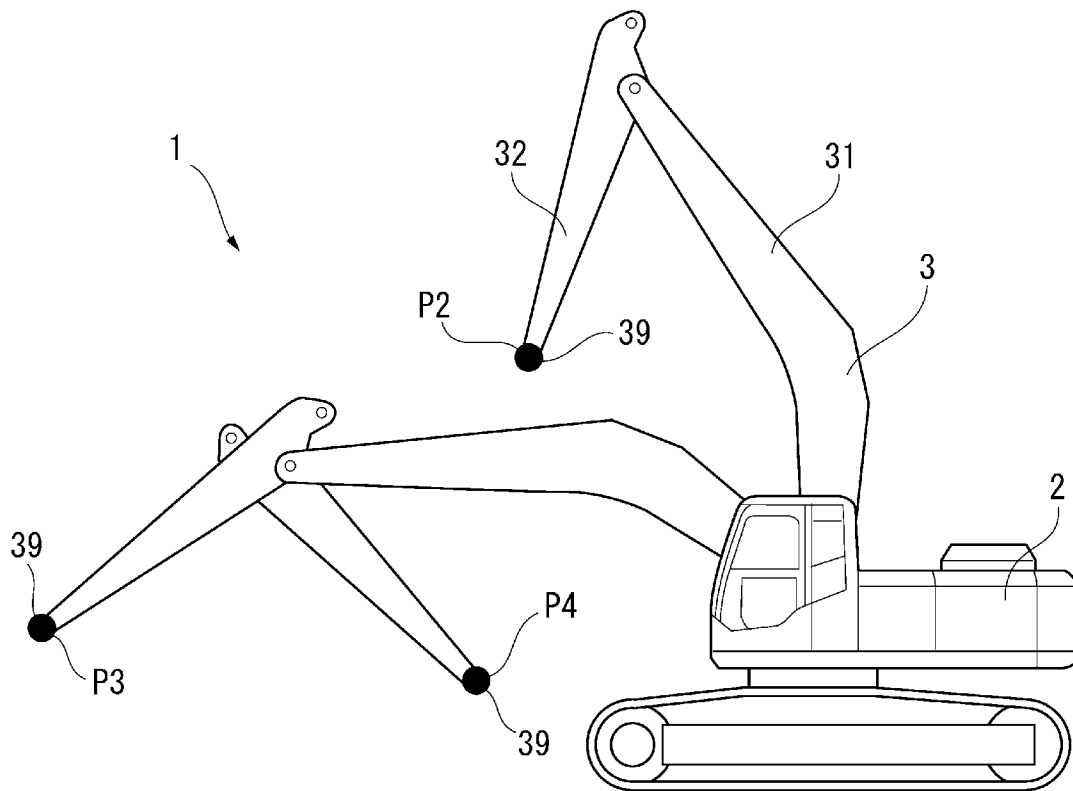
[図13]



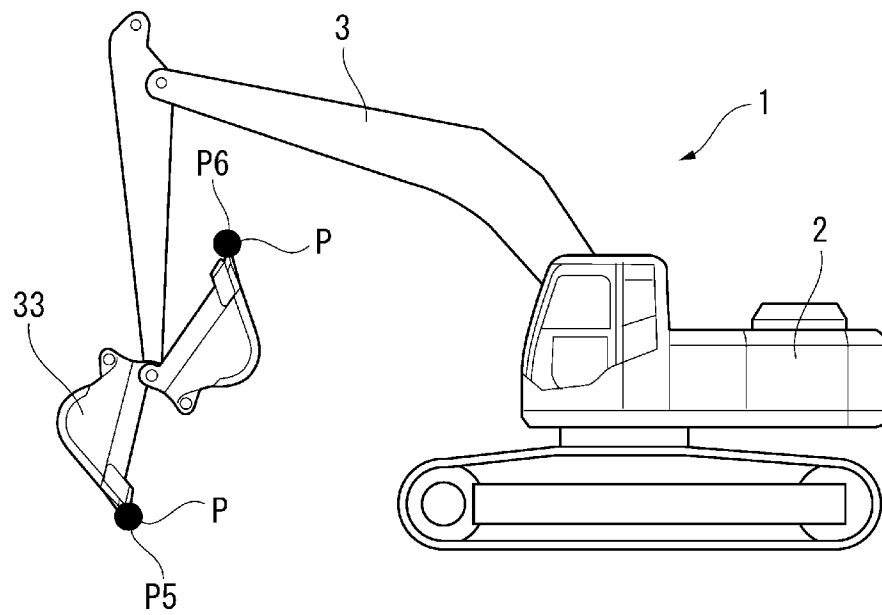
[図14]



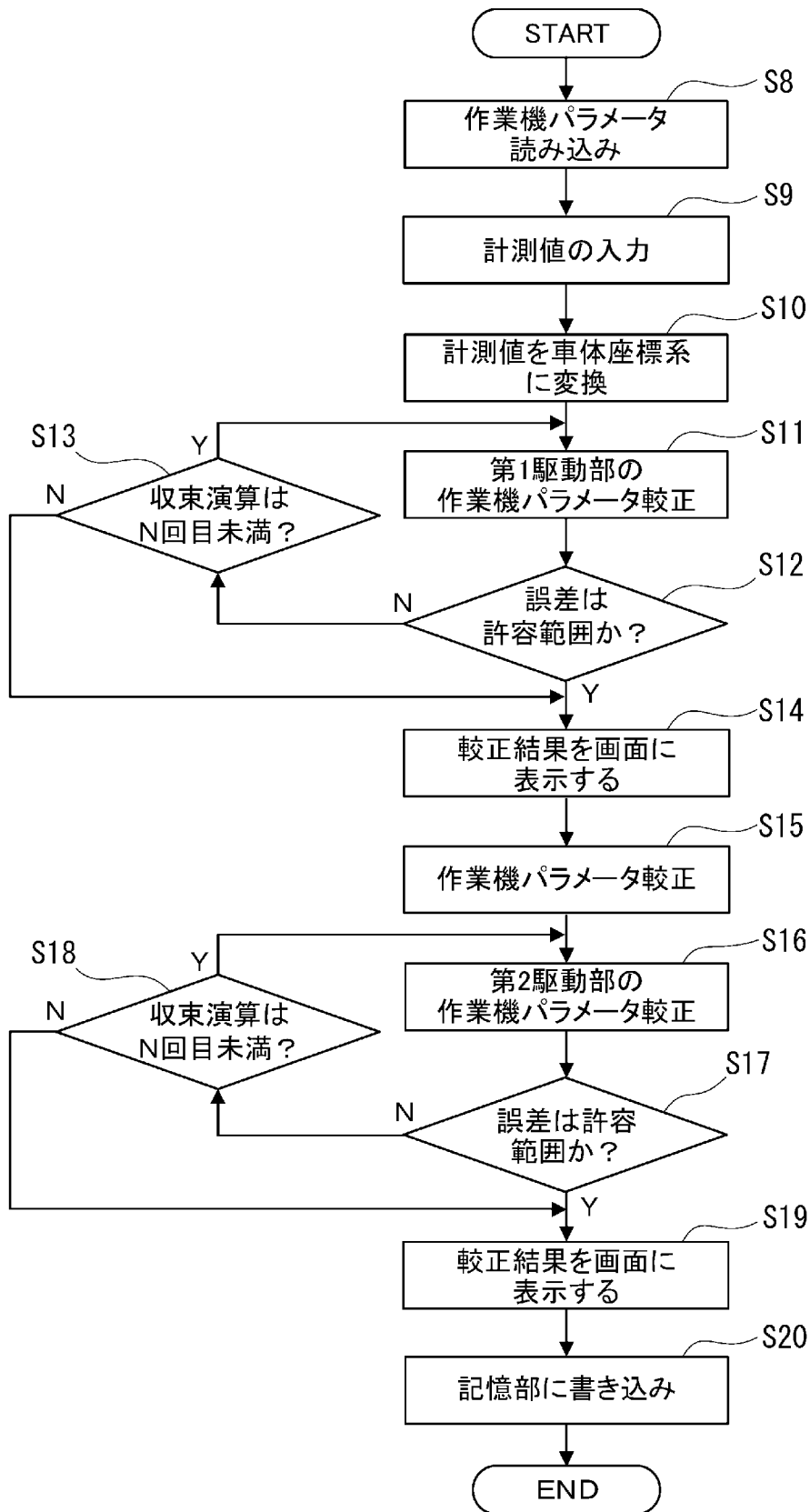
[図15]



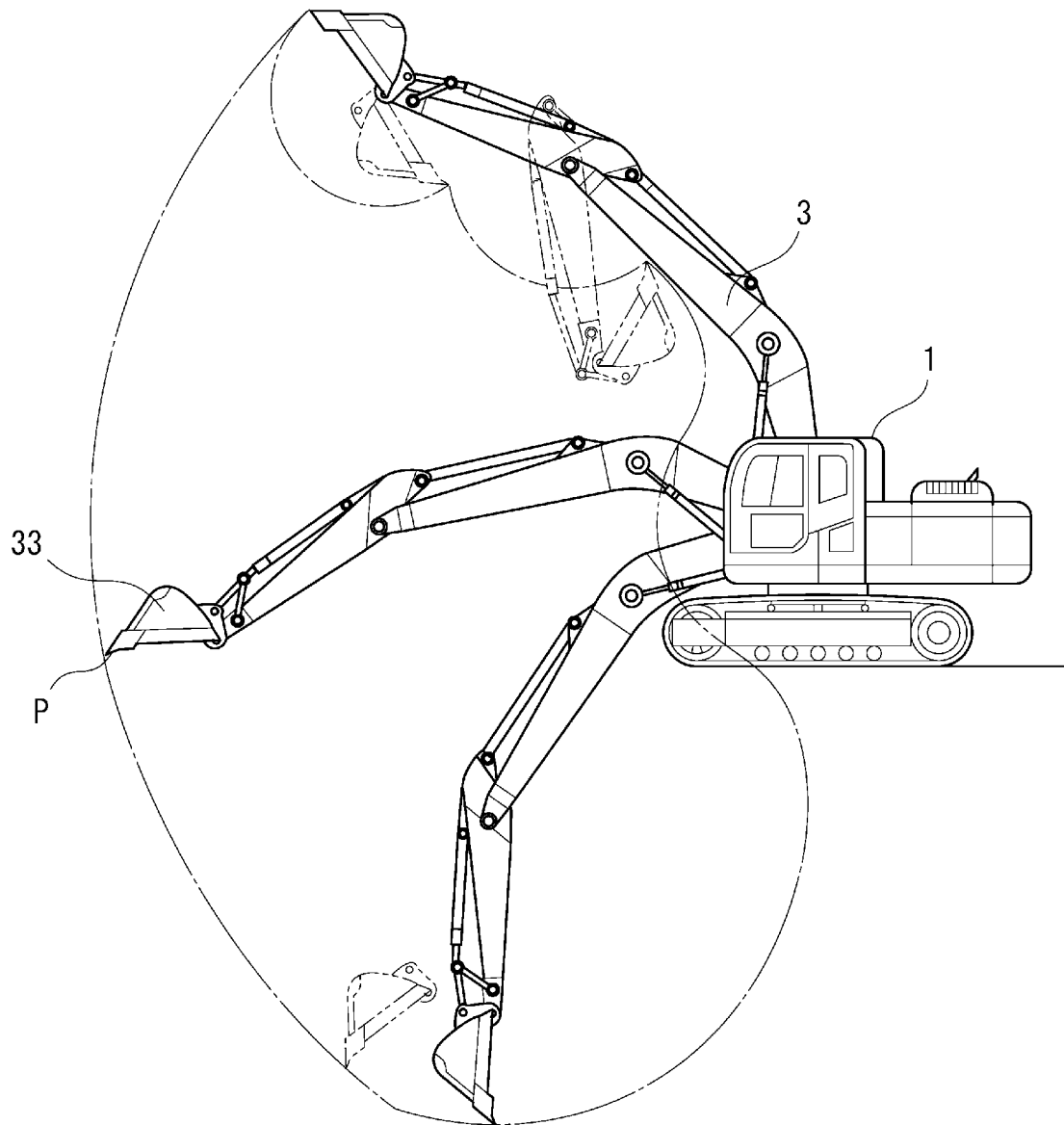
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/059789

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E02F9/22(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

E02F9/22, G01B21/00

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.
A	JP 2012-233353 A (Komatsu Ltd.), 29 November 2012 (29.11.2012), paragraphs [0023] to [0025], [0038] to [0061], [0063], [0066], [0067], [0070]; fig. 2, 3, 13, 14 (Family: none)	1-8
A	JP 2012-202061 A (Komatsu Ltd.), 22 October 2012 (22.10.2012), paragraphs [0025], [0060], [0061]; fig. 2, 13, 14 & US 2013/0158788 A1 & WO 2012/128200 A1 & DE 112012000128 T & CN 103080426 A & KR 10-2013-0069742 A	1-8

☒ 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 June 2015 (05.06.15)

Date of mailing of the international search report
16 June 2015 (16.06.15)

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/JP2015/059789

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 2001-55762 A (Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.), 27 February 2001 (27.02.2001), paragraphs [0010] to [0016]; fig. 3, 7, 9 (Family: none)	1-8
A	JP 2012-202062 A (Komatsu Ltd.), 22 October 2012 (22.10.2012), claims 1 to 3 & US 2013/0166143 A1 & WO 2012/128199 A1 & DE 112012000123 T & CN 103097614 A & KR 10-2013-0044336 A	1-8
A	JP 2001-515236 A (Dynalog, Inc.), 18 September 2001 (18.09.2001), paragraphs [0011] to [0033] & US 6321137 B1 & WO 1999/012082 A1 & EP 1040393 A & AU 9223298 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E02F9/22(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. E02F9/22, G01B21/00

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
A	JP 2012-233353 A（株式会社小松製作所）2012.11.29, [0023]-[0025][0038]-[0061][0063][0066][0067][0070]図 2, 3, 13, 14（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2012-202061 A（株式会社小松製作所）2012.10.22, [0025][0060][0061]図 2, 13, 14 & US 2013/0158788 A1 & WO 2012/128200 A1 & DE 112012000128 T & CN 103080426 A & KR 10-2013-0069742 A	1-8

☒ 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

0 5 . 0 6 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 6 . 0 6 . 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）

竹村 真一郎

2 D

9 8 1 0

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

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 2001-55762 A (日立建機株式会社) 2001.02.27, [0010]-[0016] 図 3, 7, 9 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2012-202062 A (株式会社小松製作所) 2012.10.22, 請求項 1-3 & US 2013/0166143 A1 & WO 2012/128199 A1 & DE 112012000123 T & CN 103097614 A & KR 10-2013-0044336 A	1-8
A	JP 2001-515236 A (ダイナログ インコーポレイテッド) 2001.09.18, [0011]-[0033] & US 6321137 B1 & WO 1999/012082 A1 & EP 1040393 A & AU 9223298 A	1-8