

(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11月19日(19.11.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/173920 A1

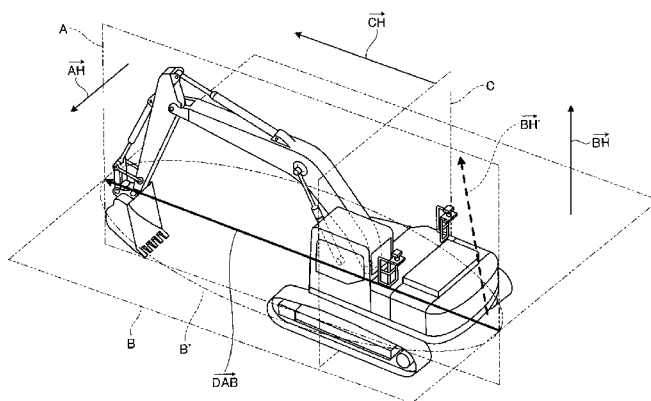
- (51) 国際特許分類:
E02F 9/20 (2006.01) G01C 15/00 (2006.01)
G01B 21/00 (2006.01) G01S 19/43 (2010.01)
G01B 21/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/062894
- (22) 国際出願日: 2014年5月14日(14.05.2014)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社小松製作所(KOMATSU LTD.)
[JP/JP]; 〒1078414 東京都港区赤坂2-3-6
Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 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 開発本部システム開発センター内 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 開発本部システム開発センター内 Kanagawa
(JP).
- (74) 代理人: 酒井 宏明(SAKAI, Hiroaki); 〒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 特許業務法人酒井国際特許事
務所 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, LT, 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, 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,

[続葉有]

(54) Title: HYDRAULIC SHOVEL CALIBRATION SYSTEM AND CALIBRATION METHOD

(54) 発明の名称: 油圧ショベルの較正システム及び較正方法

[図22]



(57) Abstract: A calibration device is provided with an input unit, a correction unit, a coordinates converter, and a calibration computation unit. The input unit inputs: working machine position information including the position of a predetermined reference point on an operation plane of the working machine and the positions of two work points between which the orientation of a working machine is different, said positions being measured by an external measurement device; turning body position information including the positions of at least three working points for which the turn angle of the turning body relative to a travel body differs; and tilt information regarding the tilt of the hydraulic shovel in the longitudinal direction of the vehicle body corresponding to each of the working points included in the working machine position information, the tilt information being detected by a tilt information detection device. The correction unit corrects the position of each of the working points included in the working machine position information on the basis of the tilt information. The coordinates converter performs a conversion from a coordinates system in the external measurement device to a vehicle body coordinates system in the hydraulic shovel. The calibration computation unit computes a corrective value for the parameter on the basis of coordinates at a plurality of positions of the working points converted in the vehicle body coordinates system.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2015/173920 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
MR, NE, SN, TD, TG).

較正装置は、外部計測装置が計測した、作業機の姿勢が異なる少なくとも2つの作業点の位置と前記作業機の動作平面上の所定の基準点の位置とを含む作業機位置情報と、前記旋回体の前記走行体に対する旋回角度が異なる少なくとも3つの前記作業点の位置を含む旋回体位置情報と、前記傾斜情報検出装置によって検出された、前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点に対応した、前記油圧シヨベルの車体前後方向における傾斜情報と、が入力される入力部と、前記傾斜情報に基づいて前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点の位置を補正する補正部と、前記外部計測装置における座標系から前記油圧シヨベルにおける車体座標系に変換する座標変換部と、前記車体座標系に変換された前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する較正演算部と、を備える。

明 細 書

発明の名称：油圧ショベルの較正システム及び較正方法

技術分野

[0001] 本発明は、油圧ショベルの較正システム及び較正方法に関する。

背景技術

[0002] 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に記載されている油圧ショベルは、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等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。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2002-181538号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 演算されたバケットの刃先の位置座標の精度は、前述したパラメータの精度の影響を受ける。このため、油圧ショベルの位置検出装置の初期設定時には、位置座標の実測値と計算値とが一致するように、油圧ショベルが備える作業機のパラメータが較正される。例えば、外部計測装置により作業具のある位置（作業点）を計測し、その計測値に基づいて作業機の寸法等に関するパラメータを較正する方法がある。このとき、作業機の自重によって油圧ショベルが傾くことがある。このため、外部計測装置によって計測された作業点は、本来の作業点の位置と異なる可能性があるため、パラメータの較正の精度低下を招く可能性がある。

[0005] 本発明は、油圧ショベルが備える作業機のパラメータを較正するにあつ

て、精度低下を抑制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、走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と、前記旋回体に対する前記ブームの回動角と、前記ブームに対する前記アームの回動角と、前記アームに対する前記作業具の回動角とを示す複数のパラメータに基づいて前記作業具に含まれる作業点の現在位置を演算する現在位置演算部と、を含む油圧ショベルと、前記パラメータを較正するための較正装置と、前記作業点の位置を計測する外部計測装置と、前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報を検出する傾斜情報検出装置と、を備え、前記較正装置は、前記傾斜情報検出装置によって検出された前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報に基づいて、前記外部計測装置によって計測された前記作業点の複数の位置を補正し、補正後の前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する、油圧ショベルの較正システムである。

[0007] 本発明は、走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、前記旋回体に対する前記ブームの回動角と前記ブームに対する前記アームの回動角と前記アームに対する前記作業具の回動角とを検出する角度検出部と、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と前記回動角とを示す複数のパラメータに基づいて前記作業具に含まれる作業点の現在位置を演算する現在位置演算部と、を含む油圧ショベルと、前記パラメータを較正するための較正装置と、前記作業点の位置を計測する外部計測装置と、前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報を検出する傾斜情報検出装置と、を備え、前記較正装置は、前記外部計測装置が計測した、前記作業

機の姿勢が異なる少なくとも3つの前記作業点の位置を含む作業機位置情報と、前記旋回体の前記走行体に対する旋回角度が異なる少なくとも3つの前記作業点の位置を含む旋回体位置情報と、前記傾斜情報検出装置によって検出された、前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点に対応した、前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報と、が入力される入力部と、前記傾斜情報に基づいて前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点の位置を補正する補正部と、補正後の前記作業点を含む前記作業機位置情報に基づいて前記作業機の動作平面に垂直な第1単位法線ベクトルを演算し、前記旋回体位置情報に基づいて前記旋回体の旋回平面に垂直な第2単位法線ベクトルを演算し、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルとに垂直な第3単位法線ベクトルを演算する車体座標系演算部と、前記外部計測装置で計測された前記作業点の複数の位置での座標を、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルと前記第3単位法線ベクトルとを用いて、前記外部計測装置における座標系から前記油圧ショベルにおける車体座標系に変換する座標変換部と、前記車体座標系に変換された前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する較正演算部と、を含む、油圧ショベルの較正システムである。

- [0008] 前記傾斜情報は、前記油圧ショベルのピッチ角であることが好ましい。
- [0009] 前記車体座標系演算部は、前記作業機の動作平面と前記旋回体の旋回平面との交線ベクトルを演算し、前記作業機の動作平面と前記旋回平面との交線ベクトルを通り前記作業機の動作平面に垂直な平面の単位法線ベクトルを、前記第2単位法線ベクトルとして演算することが好ましい。
- [0010] 前記作業機位置情報は、前記作業機の上下方向における位置及び車体前後方向における位置が異なる複数の位置のうち少なくとも一方の座標を含むことが好ましい。
- [0011] 前記パラメータは、前記ブームの前記旋回体に対する回動中心と前記アームの前記ブームに対する回動中心との間の第1距離と、前記アームの前記ブームに対する回動中心と前記作業具の前記アームに対する回動中心との間の

第2距離と、前記作業具の前記アームに対する回動中心と前記作業点との間の第3距離とを含み、前記現在位置演算部は、前記第1距離と前記第2距離と前記第3距離と前記回動角とに基づいて前記車体座標系における前記作業点の現在位置を演算し、前記較正演算部は、前記外部計測装置によって計測され前記車体座標系に変換された前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記第1距離と前記第2距離と前記第3距離と前記回動角を算出するためのパラメータとの較正值を演算することが好ましい。

- [0012] 前記外部計測装置は、トータルステーションであることが好ましい。
- [0013] 本発明は、走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、を含む油圧ショベルにおいて、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と前記回動角とを示す複数のパラメータを較正する方法であって、前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報を取得し、前記傾斜情報に基づいて、前記作業具に含まれる前記作業点の複数の位置を補正し、補正後の前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する、油圧ショベルの較正方法である。
- [0014] 本発明は、走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、を含む油圧ショベルにおいて、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と前記回動角とを示す複数のパラメータを較正する方法であって、前記作業機の姿勢が異なる少なくとも2つの前記作業点の位置と前記作業機の動作平面上の所定の基準点の位置とを含む、又は前記作業機の姿勢が異なる少なくとも3つの、前記作業具に含まれる作業点の位置を含む作業機位置情報と、前記旋回体の前記走行体に対する旋回角度が異なる少なくとも3つの前記作業点の位置を含む旋回体位置情報と、前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点に対応した、前記油圧ショベルの車体

前後方向における傾斜情報とを取得し、前記傾斜情報に基づいて前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点の位置を補正し、補正後の前記作業点を含む前記作業機位置情報に基づいて前記作業機の動作平面に垂直な第1単位法線ベクトルを演算し、前記旋回体位置情報に基づいて前記旋回体の旋回平面に垂直な第2単位法線ベクトルを演算し、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルとに垂直な第3単位法線ベクトルを演算し、前記作業点の複数の位置での座標を、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルと前記第3単位法線ベクトルとを用いて、前記外部計測装置における座標系から前記油圧シヨベルにおける車体座標系に変換し、前記車体座標系に変換された前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する、油圧シヨベルの較正方法である。

[0015] 本発明は、油圧シヨベルが備える作業機のパラメータを較正するにあたって、精度低下を抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、本実施形態に係る較正システムによる較正が行われる油圧シヨベルの斜視図である。

[図2-1]図2-1は、油圧シヨベルの側面図である。

[図2-2]図2-2は、油圧シヨベルの背面図である。

[図2-3]図2-3は、油圧シヨベルの上面図である。

[図3]図3は、油圧シヨベルが備える制御系の構成及び本実施形態に係る油圧シヨベルの較正システムを示すブロック図である。

[図4]図4は、刃先位置を算出するために必要となるパラメータのリストを示す図である。

[図5]図5は、ブームの側面図である。

[図6]図6は、アームの側面図である。

[図7]図7は、バケット及びアームの側面図である。

[図8]図8は、バケットの側面図である。

[図9]図9は、シリンダの長さを示すパラメータの演算方法を示す図である。

[図10]図10は、オペレータが較正時に行う作業手順を示すフローチャートである。

[図11]図11は、外部計測装置の設置位置を示す図である。

[図12]図12は、旋回角の異なる3つの旋回体の位置を示す上面図である。

[図13]図13は、作業機2の5つの姿勢での刃先の位置を示す側面図である。

[図14]図14は、油圧シヨベルの側面図である。

[図15]図15は、作業機2の自重により油圧シヨベルが車体前後方向に傾斜した場合の第1位置から第5位置及び本来の第1位置から第5位置を示す図である。

[図16]図16は、基準アンテナ上の第1計測点と第2計測点との位置を示す上面図である。

[図17]図17は、方向アンテナ上の第3計測点と第4計測点との位置を示す上面図である。

[図18]図18は、較正装置の操作画面の一例を示す図である。

[図19]図19は、演算部の較正に係わる処理機能を示す機能ブロック図である。

[図20]図20は、油圧シヨベルの側面図である。

[図21]図21は、外部計測装置が計測した刃先の位置を補正する方法の一例を示す図である。

[図22]図22は、座標変換情報の演算方法を示す図である。

[図23]図23は、座標変換情報の演算方法を示す図である。

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] <油圧シヨベルの全体構成>

図1は、本実施形態に係る較正システムによる較正が行われる油圧シヨベル100の斜視図である。図2-1は、油圧シヨベル100の側面図である

。図2-2は、油圧ショベル100の背面図である。図2-3は、油圧ショベル100の上面図である。図3は、油圧ショベル100が備える制御系の構成及び本実施形態に係る油圧ショベル100の校正システム200を示すブロック図である。

[0019] 油圧ショベル100は、車体1と作業機2とを有する。車体1は、旋回体3と運転室4と走行体5とを有する。旋回体3は、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37（図3参照）及び図示しないエンジン等の装置を收容している。旋回体3の上部には手すり9が取り付けられている。運転室4は旋回体3の前部に載置されている。運転室4内には、後述する表示入力装置38及び操作装置25が配置される（図3参照）。走行体5は履帯5a、5bを有しており、履帯5a、5bが回転することにより油圧ショベル100が走行する。

[0020] 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とアーム7と作業具としてのバケット8とブームシリンダ10とアームシリンダ11とバケットシリンダ12とを有する。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。

[0021] 図2-1に示すように、ブーム6の長さ、すなわち、ブームピン13とアームピン14との間の長さはL1であり、本実施形態の第1距離に相当する。アーム7の長さ、すなわち、アームピン14とバケットピン15との間の長さはL2であり、本実施形態の第2距離に相当する。バケット8の長さ、すなわち、バケットピン15とバケット8の刃先Pとの間の長さは、L3であり、本実施形態の第3距離に相当する。

- [0022] 図1に示すブームシリンダ10とアームシリンダ11とバケットシリンダ12とは、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、ブームシリンダフートピン10a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10b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、アームシリンダフートピン11aを介してブーム6に回動可能に取り付けられている。まアームシリンダ11の先端部は、アームシリンダトップピン11b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ートピン12a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12b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] 図3に示すように、ブーム6とアーム7とバケット8とは、それぞれ第1角度検出部16と、第2角度検出部17と、第3角度検出部18とが設けられている。第1角度検出部16、第2角度検出部17及び第3角度検出部18は、例えばストロークセンサであり、各シリンダ10、11、12のストローク長さを検出することにより、車体1に対するブーム6の回動角と、ブーム6に対するアーム7の回動角と、アーム7に対するバケット8の回動角とを間接的に検出する。

[0026] 具体的には、第1角度検出部16は、ブームシリンダ10のストローク長さを検出する。後述する表示コントローラ39は、第1角度検出部16が検出したブームシリンダ10のストローク長さから、図2-1に示す車体座標系のz軸に対するブーム6の回動角 α を演算する。第2角度検出部17は、アームシリンダ11のストローク長さを検出する。表示コントローラ39は、第2角度検出部17が検出したアームシリンダ11のストローク長さから、ブーム6に対するアーム7の回動角 β を演算する。第3角度検出部18は、バケットシリンダ12のストローク長さを検出する。表示コントローラ39は、第3角度検出部18が検出したバケットシリンダ12のストローク長さから、アーム7に対するバケット8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詳する。

[0027] 図2-1に示すように、車体1には、位置検出部19が備えられている。位置検出部19は、油圧ショベル100の車体1の現在位置を検出する。位置検出部19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21、22と、図2-1に示す3次元位置センサ23とを有する。アンテナ21、22は、手すり9に取り付けられ、かつ後述する車体座標系x-y-zのy軸(図2-3参照)に沿って一定距離だけ離れて配置されている。

[0028] アンテナ21、22が受信しGNSS電波に応じた信号は、3次元位置センサ23に入力される。3次元位置センサ23は、グローバル座標系 $X_g - Y_g - Z_g$ におけるアンテナ21、22の現在位置を検出する。なお、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。これに対して、後述する車体座標系は、車体1(具体的には旋回体3)に固定された原点を基準とする座標系である。アンテナ21(以下、基準アンテナ21と称する)は、車体1の現在位置を検出するためのアンテナである。アンテナ22(以下、方向アンテナ22と称する)は、車体1、具体的には旋回体3の向きを検出するためのアン

テナである。位置検出部 19 は、基準アンテナ 21 と方向アンテナ 22 との位置によって、後述する車体座標系の x 軸及び y 軸のグローバル座標系での方向角を検出する。アンテナ 21、22 は、GPS (Global Positioning System) 用のアンテナであってもよい。

[0029] 図 2-1 から図 2-3 に示すように、車体 1 には、IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) 24 が備えられている。本実施形態において、IMU 24 は、図 2-1 及び図 2-2 に示すように、運転室 4 の下方に設置される。IMU 24 は、油圧シヨベル 100 に作用する加速度及び角速度を検出する。IMU 24 は、図 2-2 に示すように、重力方向 (鉛直線) に対する車体 1 の幅方向の傾斜角 θ_r (以下、ロール角 θ_r と称する) を検出する。

[0030] 本実施形態において、幅方向とは、バケット 8 の幅方向を意味しており、車幅方向と一致している。作業機 2 が、後述するチルトバケットを作業具として備える場合には、バケット 8 の幅方向と車幅方向とが一致しないことがあり得る。IMU 24 は、図 2-1 に示すように、重力方向に対する車体 1 の前後方向の傾斜角 θ_p (以下、適宜ピッチ角 θ_p と称する) を検出する。本実施形態において、IMU 24 は、油圧シヨベル 100 の車体前後方向における傾斜情報を検出する傾斜情報検出装置として機能する。IMU 24 を傾斜情報検出装置として用いることにより、油圧シヨベル 100 の加速度、角速度及びロール角等といった油圧シヨベル 100 の制御に必要な情報を 1 つの装置で取得することができる。IMU 24 の代わりにロール角センサ及びピッチ角センサを用意して、前者がロール角 θ_r を検出し、後者がピッチ角 θ_p を検出してもよい。

[0031] 図 3 に示すように、油圧シヨベル 100 の較正システム 200 は、図 1 に示す油圧シヨベル 100 と、較正装置 60 と、外部計測装置 62 と、傾斜情報検出装置としての IMU 24 とを備える。油圧シヨベル 100 は、操作装置 25 と、作業機コントローラ 26 と、作業機制御装置 27 と、油圧ポンプ 37 と、を備える。操作装置 25 は、作業機操作部材 31 と、作業機操作検

出部 3 2 と、走行操作部材 3 3 と、走行操作検出部 3 4 と、旋回操作部材 5 1 と、旋回操作検出部 5 2 とを有する。

[0032] 作業機操作部材 3 1 は、油圧ショベル 1 0 0 のオペレータが作業機 2 を操作するための部材であり、例えば操作レバーである。作業機操作検出部 3 2 は、作業機操作部材 3 1 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 2 6 へ送る。走行操作部材 3 3 は、オペレータが油圧ショベル 1 0 0 の走行を操作するための部材であり、例えば操作レバーである。走行操作検出部 3 4 は、走行操作部材 3 3 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 2 6 へ送る。旋回操作部材 5 1 は、オペレータが旋回体 3 の旋回を操作するための部材であり、例えば操作レバーである。旋回操作検出部 5 2 は、旋回操作部材 5 1 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 2 6 へ送る。

[0033] 作業機コントローラ 2 6 は、RAM 及び ROM 等の記憶部 3 5 並びに CPU 等の演算部 3 6 を有している。作業機コントローラ 2 6 は、主として作業機 2 の動作及び旋回体 3 の旋回の制御を行う。作業機コントローラ 2 6 は、作業機操作部材 3 1 の操作に応じて作業機 2 を動作させるための制御信号を生成して、作業機制御装置 2 7 に出力する。作業機制御装置 2 7 は、比例制御弁等の油圧制御機器を有している。作業機制御装置 2 7 は、作業機コントローラ 2 6 からの制御信号に基づいて、油圧ポンプ 3 7 から油圧シリンダ 1 0、1 1、1 2 に供給される作動油の流量を制御する。油圧シリンダ 1 0、1 1、1 2 は、作業機制御装置 2 7 から供給された作動油に応じて駆動される。その結果、作業機 2 が動作する。また、作業機コントローラ 2 6 は、旋回操作部材 5 1 の操作に応じて旋回体 3 を旋回させるための制御信号を生成して、旋回モータ 4 9 に出力する。その結果、旋回モータ 4 9 が駆動され、旋回体 3 が旋回する。

[0034] <表示システム 2 8 の構成>

油圧ショベル 1 0 0 には、表示システム 2 8 が搭載されている。表示システム 2 8 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28は、表示入力装置38と、表示コントローラ39とを有している。

[0035] 表示入力装置38は、タッチパネル式の入力部41と、LCD等の表示部42とを有する。表示入力装置38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る。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28の各種の機能を実行させることができる。案内画面については後述する。

[0036] 表示コントローラ39は、表示システム28の各種の機能を実現する。表示コントローラ39と作業機コントローラ26とは、無線又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39は、RAM及びROM等の記憶部43と、CPU等の演算部44とを有している。演算部44は、記憶部43に記憶されている各種のデータと、位置検出部19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。次に、前述したバケット8の刃先位置の演算方法について詳細に説明する。

[0037] <刃先位置の演算方法>

図4は、刃先位置を算出するために必要となるパラメータのリストを示す図である。表示コントローラ39の演算部44は、位置検出部19の検出結果及び記憶部43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8の刃先の現在位置を演算する。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6とアーム7とバケット8との寸法及びこれらの回動角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21、22とブーム6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39の演算部44は、第1現在位置演算部44aと、第2現在位置演算部44bとを有する。第1現在位置演算部44aは、作業機パラメータに基づいて、バケット8の刃先の車体座標系

における現在位置を演算する。第2現在位置演算部44bは、アンテナパラメータと、位置検出部19が検出したアンテナ21, 22のグローバル座標系における現在位置と、第1現在位置演算部44aが演算したバケット8の刃先の車体座標系における現在位置とから、バケット8の刃先のグローバル座標系における現在位置を演算する。具体的には、バケット8の刃先の現在位置は、次のように求められる。

[0039] まず、図2-1から図2-3に示すように、ブームピン13の軸と、後述する作業機2の動作平面との交点を原点とする車体座標系 $x-y-z$ が設定される。以下の説明においてブームピン13の位置は、ブームピン13の車幅方向における中点の位置を意味するものとする。第1角度検出部16、第2角度検出部17及び第3角度検出部18の検出結果から、前述したブーム6、アーム7、バケット8の現在の回動角 α 、 β 、 γ が演算される。回動角 α 、 β 、 γ の演算方法については後述する。車体座標系でのバケット8の刃先の座標 (x, y, z) は、ブーム6、アーム7、バケット8の回動角 α 、 β 、 γ と、ブーム6、アーム7、バケット8の長さ L_1 、 L_2 、 L_3 とを用いて、次の数1式により演算される。

[0040] [数1]

$$\begin{aligned} x &= L_1 \sin \alpha + L_2 \sin (\alpha + \beta) + L_3 \sin (\alpha + \beta + \gamma) \\ y &= 0 \\ z &= L_1 \cos \alpha + L_2 \cos (\alpha + \beta) + L_3 \cos (\alpha + \beta + \gamma) \end{aligned}$$

[0041] 次に、第1角度検出部16、第2角度検出部17及び第3角度検出部18の検出結果から、ブーム6、アーム7、バケット8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。

[0042] <回動角 α 、 β 、 γ の演算方法>

図5は、ブーム6の側面図である。ブーム6の回動角 α は、図5に示されている作業機パラメータを用いて、次の数2式によって表される。

[0043]

[数2]

$$\alpha = \arctan \left(-\frac{L_{boom\ 2_x}}{L_{boom\ 2_z}} \right) - \arccos \left(\frac{L_{boom\ 1}^2 + L_{boom\ 2}^2 - boom_cyl^2}{2 * L_{boom\ 1} * L_{boom\ 2}} \right) \\ + \arctan \left(\frac{L_{boom\ 1_z}}{L_{boom\ 1_x}} \right)$$

[0044] 図5に示すように、 $L_{boom\ 2_x}$ は、ブームシリンダフットピン10aとブームピン13との間のブーム6が取り付けられる車体2の水平方向、すなわち車体座標系のx軸方向に相当する方向の距離である。 $L_{boom\ 2_z}$ は、ブームシリンダフットピン10aとブームピン13との間のブーム6が取り付けられる車体2の鉛直方向、すなわち車体座標系のz軸方向に相当する方向の距離である。 $L_{boom\ 1}$ は、ブームシリンダトップピン10bとブームピン13との間の距離である。 $L_{boom\ 2}$ は、ブームシリンダフットピン10aとブームピン13との間の距離である。 $boom_cyl$ は、ブームシリンダフットピン10aとブームシリンダトップピン10bとの間の距離である。 $L_{boom\ 1_z}$ は、ブームシリンダトップピン10bとブームピン13との間のzboom軸方向の距離である。なお、側面視においてブームピン13とアームピン14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。 $L_{boom\ 1_x}$ は、ブームシリンダトップピン10bとブームピン13との間のxboom軸方向の距離である。

[0045] 図6は、アーム7の側面図である。アーム7の回動角 β は、図5及び図6に示されている作業機パラメータを用いて、次の数3式によって表される。

[0046] [数3]

$$\beta = \arctan \left(-\frac{L_{boom\ 3_z}}{L_{boom\ 3_x}} \right) + \arccos \left(\frac{L_{boom\ 3}^2 + L_{boom\ 2}^2 - arm_cyl^2}{2 * L_{arm\ 3} * L_{arm\ 2}} \right) \\ + \arctan \left(\frac{L_{arm\ 2_x}}{L_{arm\ 2_z}} \right) + \arctan \left(\frac{L_{arm\ 1_x}}{L_{arm\ 1_z}} \right) - \pi$$

[0047] 図5に示すように、 $L_{boom\ 3_z}$ は、アームシリンダフットピン11aとアームピン14との間のzboom軸方向の距離である。 $L_{boom\ 3}$

__xは、アームシリンダフットピン11aとアームピン14との間のxboom軸方向の距離である。Lboom3は、アームシリンダフットピン11aとアームピン14との間の距離である。図6に示すように、Larm2は、アームシリンダトップピン11bとアームピン14との間の距離である。図5に示すように、arm_cylは、アームシリンダフットピン11aとアームシリンダトップピン11bとの間の距離である。図6に示すように、Larm2__xは、アームシリンダトップピン11bとアームピン14との間のxarm2軸方向の距離である。Larm2__zは、アームシリンダトップピン11bとアームピン14との間のzarm2軸方向の距離である。なお、側面視においてアームシリンダトップピン11bとバケットピン15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。Larm1__xは、アームピン14とバケットピン15との間のxarm2軸方向の距離である。Larm1__zは、アームピン14とバケットピン15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14とバケットピン15とを結ぶ方向をxarm1軸とする。アーム7の回動角βは、xboom軸とxarm1軸との間のなす角である。

[0048] 図7は、バケット8及びアーム7の側面図である。図8は、バケット8の側面図である。図9は、シリンダの長さを示すパラメータの演算方法を示す図である。バケット8の回動角γは、図6から図8に示されている作業機パラメータを用いて、次の数4式によって表される。

[0049] [数4]

$$\gamma = \arctan\left(\frac{L_{arm1_z}}{L_{arm1_x}}\right) + \arctan\left(\frac{L_{arm3_z2}}{L_{arm3_x2}}\right) + \arccos\left(\frac{L_{tmp}^2 + L_{arm4}^2 - L_{bucket1}^2}{2 * L_{tmp} * L_{arm4}}\right) \\ + \arccos\left(\frac{L_{tmp}^2 + L_{bucket3}^2 - L_{bucket2}^2}{2 * L_{tmp} * L_{bucket3}}\right) + \arctan\left(\frac{L_{bucket4_x}}{L_{bucket4_z}}\right) + \frac{\pi}{2} - \pi$$

[0050] 図6に示すように、Larm3__z2は、第1リンクピン47aとバケットピン15との間のzarm2軸方向の距離である。Larm3__x2は、第1リンクピン47aとバケットピン15との間のxarm2軸方向の距離

である。図7に示すように、 L_{tmp} は、バケットシリンダトップピン12bとバケットピン15との間の距離である。 L_{arm4} は、第1リンクピン47aとバケットピン15との間の距離である。 $L_{bucket1}$ は、バケットシリンダトップピン12bと第1リンクピン47aとの間の距離である。 $L_{bucket3}$ は、バケットピン15と第2リンクピン48aとの間の距離である。 $L_{bucket2}$ は、バケットシリンダトップピン12bと第2リンクピン48aとの間の距離である。図8に示すように、 $L_{bucket4_x}$ は、バケットピン15と第2リンクピン48aとの間の x_{bucket} 軸方向の距離である。 $L_{bucket4_z}$ は、バケットピン15と第2リンクピン48a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15とバケット8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8の回動角 γ は、 x_{bucket} 軸と x_{arm1} 軸との間のなす角である。前述した L_{tmp} は以下の数5式によって表される。

[0051] [数5]

$$L_{tmp} = \sqrt{L_{arm4}^2 + L_{bucket1}^2 - 2L_{arm4} * L_{bucket1} * \cos \phi}$$

$$\phi = \pi + \arctan \left(\frac{L_{arm3_z2}}{L_{arm3_x2}} \right) - \arctan \left(\frac{L_{arm3_z1} - L_{arm3_z2}}{L_{arm3_x1} - L_{arm3_x2}} \right)$$

$$- \arccos \left\{ \frac{L_{bucket1}^2 + L_{arm3}^2 - L_{bucket_cyl}^2}{2 * L_{bucket1} * L_{arm3}} \right\}$$

[0052] 図6に示すように、 L_{arm3} は、バケットシリンダフットピン12aと第1リンクピン47aとの間の距離である。 L_{arm3_x1} は、バケットシリンダフットピン12aとバケットピン15との間の x_{arm2} 軸方向の距離である。 L_{arm3_z1} は、バケットシリンダフットピン12aとバケットピン15との間の z_{arm2} 軸方向の距離である。

[0053] 前述した $boom_cyl$ は、図9に示すように、第1角度検出部16が検出したブームシリンダ10のストローク長 b_{ss} にブームシリンダの最小長さ b_{min} とブームシリンダオフセット b_{of} とを加えた値である。同様に、 arm_cyl は、第2角度検出部17が検出したアームシリンダ

11のストローク長 a_{ss} にアームシリンダの最小長さ a_{min} とアームシリンダオフセット a_{of} とを加えた値である。同様に、 $bucket_{cyl}$ は、第3角度検出部18が検出したバケットシリンダ12のストローク長 b_{ks} にバケットシリンダ12の最小長さ b_{kmin} とバケットシリンダオフセット b_{kof} とを加えた値である。

[0054] <較正装置60>

較正装置60は、油圧シヨベル100において、前述した回動角 α 、 β 、 γ の演算及びバケット8の刃先の位置を演算するために必要なパラメータを較正するための装置である。また、較正装置60は、有線又は無線によって表示コントローラ39とデータ通信を行うことができる。較正装置60は、外部計測装置62によって計測された情報に基づいて図4に示すパラメータを較正する。パラメータの較正は、例えば、油圧シヨベル100の出荷時又はメンテナンス後の初期設定において実行される。

[0055] 図10は、オペレータが較正時に行う作業手順を示すフローチャートである。図11は、外部計測装置62の設置位置を示す図である。図12は、旋回角の異なる3つの旋回体3の位置を示す上面図である。まず、ステップS1において、オペレータは、外部計測装置62を設置する。このとき、オペレータは、図11に示すように、ブームピン13の横に所定の距離を隔てて外部計測装置62を設置する。

[0056] ステップS2において、オペレータは、バケット情報を図3に示す較正装置60の入力部63に入力する。バケット情報は、バケット8の寸法に関する情報である。バケット情報は、前述したバケットピン15と第2リンクピン48aとの間の x_{bucket} 軸方向の距離($L_{bucket4_x}$)と、バケットピン15と第2リンクピン48aとの間の z_{bucket} 軸方向の距離($L_{bucket4_z}$)とを含む。オペレータは、設計値又はメジャーテープ等の計測手段によって計測した値を、バケット情報として入力する。

[0057] ステップS3において、オペレータは、旋回角の異なる3つの旋回体3の

位置を測定する。本実施形態では、図12に示すように、オペレータは、図3に示す旋回操作部材51を操作して、旋回体3を旋回させる。このとき、作業機2の姿勢は固定された状態に維持される。そして、オペレータは、外部計測装置62を用いて、旋回体3のカウンタウエイトWTの下方に取り付けられたプリズム62Pの位置を、外部計測装置62によって測定する。このとき、旋回角の異なる3つのプリズム62Pの位置を、旋回体3の位置（以下、第1旋回位置P21、第2旋回位置P22、第3旋回位置P23と称する）として測定する。

[0058] 本実施形態において、プリズム62Pの位置の他に、旋回角の異なる3つの刃先の位置が、旋回体3の位置として測定されてもよい。この場合も、作業機2の姿勢は固定された状態に維持される。

[0059] ステップS4において、オペレータは、旋回体位置情報を較正装置60の入力部63に入力する。旋回体位置情報は、ステップS3において、オペレータが外部計測装置62を用いて計測した第1旋回位置P21と第2旋回位置P22と第3旋回位置P23とを示す座標を含む。

[0060] ステップS5において、オペレータは、外部計測装置62を用いてブームピン13の側面中心位置を測定する。外部計測装置62の座標系は、地球の重力座標系X-Y-Zである。地球の重力座標系X-Y-Zは、Z軸方向が重力の作用方向に一致する。X軸方向及びY軸方向はZ軸方向に直交し、X軸方向とY軸方向とは互いに直交する。

[0061] 図13は、作業機2の5つの姿勢での刃先の位置を示す側面図である。ステップS6において、オペレータは、図11に示す外部計測装置62を用いて作業機2の5つの姿勢での刃先の位置を測定する。オペレータは、図3に示す作業機操作部材31を操作して、図13に示す第1位置P1から第5位置P5までの5つの位置にバケット8の刃先の位置を移動させる。第1位置P1から第5位置P5は、作業点の位置に相当する。このとき、旋回体3は旋回させずに、走行体5に対して固定された状態が維持される。オペレータは、第1位置P1から第5位置P5の各位置での刃先の座標を、外部計測装

置 6 2 を用いて測定する。

[0062] 第 1 位置 P 1 及び第 2 位置 P 2 は、地面 G D 上において車体前後方向に異なる位置である。第 3 位置 P 3 及び第 4 位置 P 4 は、空中において車体前後方向に異なる位置である。第 3 位置 P 3 及び第 4 位置 P 4 は、第 1 位置 P 1 及び第 2 位置 P 2 に対して、上下方向に異なる位置である。第 5 位置 P 5 は、第 1 位置 P 1 と第 2 位置 P 2 と第 3 位置 P 3 と第 4 位置 P 4 との間の位置である。

[0063] 図 1 4 は、油圧シヨベル 1 0 0 の側面図である。図 1 5 は、作業機 2 の自重により油圧シヨベル 1 0 0 が車体前後方向に傾斜した場合の第 1 位置 P S 1 から第 5 位置 P S 5 及び本来の第 1 位置 P 1 から第 5 位置 P 5 を示す図である。ステップ S 6 において、作業機 2 の姿勢を変えた 5 つの姿勢での刃先位置 P が外部計測装置 6 2 によって計測される際、作業機 2 の自重による車体前後方向の傾斜により、想定位置より刃先の位置 P がずれてしまう。このため、校正の精度が低下する可能性がある。具体的には、作業機 2 の自重により、図 1 4 に示すように、油圧シヨベル 1 0 0 が車体前後方向に傾斜する結果、外部計測装置 6 2 によって計測される刃先の位置 P S は、本来の刃先の位置 P よりも下方になる。このため、外部計測装置 6 2 によって計測された第 1 位置 P S 1 から第 5 位置 P S 5 は、図 1 5 に示すように、本来の第 1 位置 P 1 から第 5 位置 P 5 よりも下方になる。

[0064] 作業機 2 の自重により油圧シヨベル 1 0 0 が車体前後方向に傾斜する場合、油圧シヨベル 1 0 0 は、例えば図 1 4 に示すように、走行体 5 の作業機 2 側の転輪 5 F の下方を中心として傾斜する。その場合の油圧シヨベル 1 0 0 の姿勢角、すなわちピッチ角は θ_p である。本実施形態においては、油圧シヨベルの車体前後方向における傾斜情報としてピッチ角 θ_p を用いて、外部計測装置 6 2 によって計測された第 1 位置 P S 1 から第 5 位置 P S 5、すなわち作業点の複数の位置が、本来の第 1 位置 P 1 から第 5 位置 P 5 となるように補正される。そして、補正後における作業点の複数の位置での座標に基づいて、刃先位置を算出するために必要となるパラメータの較正值が演算さ

れる。このようにすることで、油圧ショベル100の高さ方向における刃先の位置が計測される際の精度低下が抑制される。補正後の値を用いて較正が実行されることにより、較正の精度低下が抑制される。外部計測装置62によって計測された刃先の位置の補正については後述する。

[0065] ステップS7において、オペレータは、作業機位置情報を、較正装置60の入力部63に入力する。作業機位置情報は、外部計測装置62で計測されたバケット8の刃先の第1位置P1から第5位置P5での座標を示す。オペレータは、ステップS6において外部計測装置62を用いて計測したバケット8の刃先の第1位置P1から第5位置P5での座標を、較正装置60の入力部63に入力する。

[0066] 図16は、基準アンテナ上の第1計測点と第2計測点との位置を示す上面図である。図17は、方向アンテナ上の第3計測点と第4計測点との位置を示す上面図である。ステップS8において、オペレータは、外部計測装置62を用いてアンテナ21、22の位置を測定する。ここでは、図16に示すように、オペレータは、基準アンテナ21上の第1計測点P11と第2計測点P12との位置を、外部計測装置62を用いて計測する。第1計測点P11及び第2計測点P12は、基準アンテナ21の上面の中心を基準にして対称に配置されている。図16及び図17に示すように、基準アンテナ21の上面の形状が長方形又は正方形である場合には、第1計測点P11及び第2計測点P12は、基準アンテナ21の上面上の対角の2点である。

[0067] 図17に示すように、オペレータは、方向アンテナ22上の第3計測点P13と第4計測点P14との位置を、外部計測装置62を用いて計測する。第3計測点P13及び第4計測点P14は、方向アンテナ22の上面の中心を基準にして対称に配置されている。第1計測点P11及び第2計測点P12と同様に、第3計測点P13及び第4計測点P14は、方向アンテナ22の上面上の対角の2点である。第1計測点P11から第4計測点P14には計測を容易にするために目印が付されていることが好ましい。例えば、アンテナ21、22の部品として含まれるボルト等が目印として用いられてもよ

い。

[0068] ステップS 9において、オペレータは、アンテナ位置情報を図3に示す較正装置60の入力部に入力する。アンテナ位置情報は、ステップS 6において、オペレータが外部計測装置62を用いて計測した第1計測点P 11から第4計測点P 14の位置を示す座標を含む。ステップS 10において、オペレータは、図3に示す較正装置60に較正の実行を指示する。

[0069] 次に、較正装置60で実行される処理について説明する。図3に示すように、較正装置60は、入力部63と、表示部64と、演算部65とを有する。入力部63は、前述した作業機位置情報、旋回体位置情報、アンテナ位置情報、バケット情報が入力される部分である。入力部63は、オペレータが前述した情報を手入力するための構成を備えており、例えば複数のキーを有する。入力部63は、数値の入力が可能であればタッチパネル式のものであってもよい。表示部64は、例えばLCDであり、較正を行うための操作画面が表示される部分である。

[0070] 図18は、較正装置60の操作画面の一例を示す図である。表示部42の操作画面42Dには、前述した情報を入力するための入力欄66が表示される。オペレータは、入力部63を操作することにより、操作画面の入力欄66に前述した情報を入力する。入力欄66に入力される情報としては、例えば、外部計測装置62によって計測された第1位置P 1から第5位置P 5の座標及び図2-1から図2-3及び図3に示すIMU 24が検出した油圧シヨベル100のピッチ角 θ_p 等がある。

[0071] 図19は、演算部65の較正に係わる処理機能を示す機能ブロック図である。演算部65は、入力部63を介して入力された情報に基づいて、パラメータを較正する処理を実行する。演算部65は、車体座標系演算部65aと、座標変換部65bと、第1較正演算部65cと、第2較正演算部65dと、補正部65eとを有している。

[0072] 図20は、油圧シヨベル100の側面図である。図21は、外部計測装置62が計測した刃先の位置PSを補正する方法の一例を示す図である。補正

部65eは、外部計測装置62が計測した刃先の位置PSを、ピッチ角 θ_p に基づいて補正する。作業機位置情報M1、すなわち外部計測装置62が計測した第1位置PSから第5位置PS5は、作業機2の自重の影響を受けて本来の位置よりも低い位置にある。このため、補正部65eは、本来の第1位置P1から第5位置P5となるように、ピッチ角 θ_p を用いて第1位置PSから第5位置PS5を補正する。

[0073] 図20に示すように、油圧ショベル100は、走行体5の作業機2側の転輪5Fの下方を中心として車体前後方向に傾斜するものとし、傾斜の中心を位置CPとする。また、油圧ショベル100が車体前後方向に傾斜したときのピッチ角を θ_p とする。油圧ショベル100が車体前後方向に傾斜すると、ブームピン13は、位置CPを中心として回転する。油圧ショベル100が車体前後方向に傾斜したときのブームピン13の位置を符号13Sで示す。ブームピン13の回転により、作業機2も位置CPを中心として回転する結果、刃先は、位置Pから位置PSに変化する。

[0074] 図21に示すように、外部計測装置62の座標系である地球の重力座標系X-Zにおいて、位置CPの座標は(XC0、ZC0)である。位置CPを原点とした座標系Xc-Zcを考える。座標系Xc-Zcの原点の座標、すなわち位置CPの座標(Xc0、Zc0)は、地球の重力座標系X-Zの原点O(0、0)からX軸方向にXc0、Y軸方向にZc0だけ離れた位置にある。

[0075] 地球の重力座標系X-Zにおける外部計測装置62が測定した刃先の位置PSの座標を(Xc'、Zc')、地球の重力座標系X-Zにおける作業機2の本来の位置における刃先の位置Pに座標を(Xc、Yc)とする。図21から分かるように、刃先の位置Pは、位置CP、すなわち座標系Xc-Zcの原点を中心として、刃先の位置PSをピッチ角 θ_p だけ上方Uに向かって回転させた位置になる。刃先の位置Pの座標(Xc、Yc)は、外部計測装置62が測定した刃先の位置PSの座標(Xc'、Zc')を、位置CPを原点とした座標系Xc-Zcの原点を中心として回転変換させることによ

り、求めることができる。

[0076] 位置CPを原点とした座標系における刃先の位置Pを座標 (x_c, z_c) とする。位置CPを原点とした刃先の位置PSは、地球の重力座標系X-Zにおける刃先の位置PSの座標 (X_c', Z_c') を用いると、座標 $(X_c' - X_{c0}, Z_c' - Z_{c0})$ となる。したがって、位置CPを原点とした座標系における刃先の位置Pを座標 (x_c, z_c) は、数6式で求めることができる。地球の重力座標系X-Zにおける刃先の位置Pの座標 (X_c, Z_c) は、数6式で得られた座標 (x_c, z_c) 及び位置CPの座標 (X_{c0}, Z_{c0}) を用いて、座標 $(X_{c0} + x_c, Z_{c0} + z_c)$ で求めることができる。傾斜の中心は位置CPに限らず、他の位置であってもよい。例えば、旋回体3と走行体5を結ぶ回転軸の中心位置を傾斜の中心としてもよい。

[0077] [数6]

$$\begin{pmatrix} x_c \\ z_c \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta_p & -\sin \theta_p \\ \sin \theta_p & \cos \theta_p \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_c' - X_{c0} \\ Z_c' - Z_{c0} \end{pmatrix}$$

[0078] 補正部65eは、外部計測装置62が計測した第1位置PS1から第5位置PS5を、数6式及びピッチ角 θ_p を用いて補正する。補正部65eは、補正後の第1位置PS1から第5位置PS5を、補正後作業機位置情報MICとして図19に示す演算部65の車体座標系演算部65aに出力する。このように補正部65eは、外部計測装置62によって計測された第1位置PS1から第5位置PS5を、本来の第1位置P1から第5位置P5となるように補正するので油圧シヨベル100の高さ方向における刃先の位置が計測される際の精度低下が抑制される。

[0079] 車体座標系演算部65aは、入力部63によって入力された補正後作業機位置情報MICと旋回体位置情報RIとに基づいて、座標変換情報を演算する。座標変換情報は、外部計測装置62を基準とした座標系を車体座標系に変換するための情報である。前述した補正後作業機位置情報MIC（作業機位置情報MI）とアンテナ位置情報AIとは、外部計測装置62によって計測されたものであるため、外部計測装置62を基準とした地球の重力座標系

X-Y-Zによって表わされている。座標変換情報T1は、補正後作業機位置情報M1Cとアンテナ位置情報A1とを、外部計測装置62を基準とした地球の重力座標系から車体座標系x-y-zに変換するための情報である。次に、座標変換情報T1の演算方法について説明する。

[0080] 図22及び図23は、座標変換情報の演算方法を示す図である。まず、図22に示すように、車体座標系演算部65aは、補正後作業機位置情報M1Cに基づいて作業機2の動作平面Aに垂直な第1単位法線ベクトルAHを演算する。車体座標系演算部65aは、補正後作業機位置情報M1Cに含まれる5つの位置より最小二乗法を用いて作業機2の動作平面を算出し、それに基づいて第1単位法線ベクトルAHを演算する。なお、第1単位法線ベクトルAHは、補正後作業機位置情報M1Cに含まれる5つの位置のうち他の2つの位置より外れていない3つの位置の座標から求められる2つのベクトルa1、a2に基づいて演算されてもよい。

[0081] 次に、車体座標系演算部65aは、旋回体位置情報R1に基づいて旋回体3の旋回平面Bに垂直な第2単位法線ベクトルを演算する。具体的には、車体座標系演算部65aは、旋回体位置情報R1に含まれる第1旋回位置P21、第2旋回位置P22、第3旋回位置P23の座標から求められる2つのベクトルb1、b2に基づいて、旋回平面B'に垂直な第2単位法線ベクトルBH'を演算する。次に、図19に示すように、車体座標系演算部65aは、前述した作業機2の動作平面Aと、旋回平面B'との交線ベクトルDABを演算する。

[0082] 車体座標系演算部65aは、交線ベクトルDABを通り作業機2の動作平面Aに垂直な平面Bの単位法線ベクトルを、補正された第2単位法線ベクトルBHとして演算する。そして、車体座標系演算部65aは、第1単位法線ベクトルAHと補正された第2単位法線ベクトルBHとに垂直な第3単位法線ベクトルCHを演算する。

[0083] 座標変換部65bは、外部計測装置62で計測され、補正部65eで補正された補正後作業機位置情報M1Cとアンテナ位置情報A1とを、座標変換

情報を用いて、外部計測装置 6 2 における座標系 X-Y-Z から油圧シヨベル 1 0 0 における車体座標系 x-y-z) に変換する。座標変換情報は、前述した第 1 単位法線ベクトル AH と補正された第 2 単位法線ベクトル BH と第 3 単位法線ベクトル CH とを含む。具体的には次の数 7 式に示すように、ベクトル p で示されている外部計測装置 6 2 の座標系での座標と、座標変換情報の各法線ベクトル AH、BH、CH との内積により車体座標系での座標が演算される。

[0084] [数7]

$$\begin{aligned} x &= \vec{p} \cdot \vec{CH} \\ y &= \vec{p} \cdot \vec{AH} \\ z &= \vec{p} \cdot \vec{BH} \end{aligned}$$

[0085] 第 1 較正演算部 6 5 c は、車体座標系に変換された補正後作業機位置情報 MIC に基づいて、数値解析を用いることにより、パラメータの較正值を演算する。具体的には、次の数 8 式に示すように、最小二乗法によりパラメータの較正值を演算する。

[0086] [数8]

$$\begin{aligned} J &= \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{L1 \sin(\alpha k) + L2 \sin(\alpha k + \beta k) + L3 \sin(\alpha k + \beta k + \gamma k) - x_k\}^2 \\ &+ \frac{1}{2} \sum_{k=1}^n \{L1 \cos(\alpha k) + L2 \cos(\alpha k + \beta k) + L3 \cos(\alpha k + \beta k + \gamma k) - z_k\}^2 \end{aligned}$$

[0087] 数 8 式中の k の値は、補正後作業機位置情報 MIC の第 1 位置 P 1 から第 5 位置 P 5 に相当する。従って、n = 5 である。(x 1、z 1) は、車体座標系での第 1 位置 P 1 の座標である。(x 2、z 2) は、車体座標系での第 2 位置 P 2 の座標である。(x 3、z 3) は、車体座標系での第 3 位置 P 3 の座標である。(x 4、z 4) は、車体座標系での第 4 位置 P 4 の座標である。(x 5、z 5) は、車体座標系での第 5 位置 P 5 の座標である。この数 8 式の関数 J が最小になる点を探索することにより、作業機パラメータの較正值が演算される。

[0088] 具体的には、図 4 のリストにおいて No. 1 ~ No. 29 の作業機パラメ

ータの較正值が演算される。なお、図4のリストに含まれる作業機パラメータのうち、バケットピン15と第2リンクピン48aとの間のx bucket軸方向の距離L bucket4_x、及び、バケットピン15と第2リンクピン48aとの間のz bucket軸方向の距離L bucket4_zは、バケット情報として入力された値が用いられる。

[0089] 第2較正演算部65dは、入力部63に入力されたアンテナ位置情報A1に基づいてアンテナパラメータを較正する。具体的には、第2較正演算部65dは、第1計測点P11と第2計測点P12との中点の座標を基準アンテナ21の位置の座標として演算する。具体的には、基準アンテナ21の位置の座標は前述したブームピン13と基準アンテナ21との間の車体座標系のx軸方向の距離Lbbxと、ブームピン13と基準アンテナ21との間の車体座標系のy軸方向の距離Lbbyと、ブームピン13と基準アンテナ21との間の車体座標系のz軸方向の距離Lbbzとによって表される。

[0090] また、第2較正演算部65dは、第3計測点P13と第4計測点P14との中点の座標を方向アンテナ22の位置の座標として演算する。具体的には、方向アンテナ22の位置の座標は、ブームピン13と方向アンテナ22との間の車体座標系のx軸方向の距離Ldbxと、ブームピン13と方向アンテナ22との間の車体座標系のy軸方向の距離Ldbyと、ブームピン13と方向アンテナ22との間の車体座標系のz軸方向の距離Lbbzとによって表される。そして、第2較正演算部65dは、これらのアンテナ21、22の位置の座標をアンテナパラメータLbbx、Lbby、Lbbz、Lbdx、Lbdy、Lbdzの較正值として出力する。

[0091] 第1較正演算部65cによって演算された作業機パラメータと、第2較正演算部65dによって演算されたアンテナパラメータと、バケット情報とは、表示コントローラ39の記憶部43に保存され、前述した刃先位置の演算に用いられる。

[0092] 油圧ショベル100の較正システム200は、外部計測装置62で計測されたバケット8の刃先の複数の位置での座標が車体座標系に変換される。そ

して、車体座標系に変換されたバケット 8 の刃先の複数の位置での座標に基づいて、パラメータの較正值が数値解析により自動的に演算される。このため、実測が必要なパラメータの数を低減することができる。また、較正時に、バケット 8 の刃先の位置座標の実測値と計算値とが一致するまでパラメータの値の合わせ込みを行う必要がない。このため、油圧シヨベル 100 の較正システム 200 では、刃先の位置検出の精度を向上させることができると共に、較正作業時間を短縮することができる。

[0093] 較正においては、図 22 に示すように、旋回体位置情報 R1 から特定される旋回平面 B' に垂直な単位法線ベクトル B H' を第 2 単位法線ベクトルとして用いるのではなく、まず、図 23 に示すように、作業機 2 の動作平面 A と旋回体 3 の旋回平面 B' との交線ベクトル D A B が演算される。そして、交線ベクトル D A B を通り作業機 2 の動作平面 A に垂直な平面 B の単位法線ベクトル B H が、第 2 単位法線ベクトルとして演算される。このため、作業機 2 の動作平面 A と旋回体 3 の旋回平面 B' とが厳密に垂直ではない場合であっても、車体座標系を精度よく演算することができる。その結果、バケット 8 の刃先の位置検出の精度をより向上させることができる。

[0094] 補正後作業機位置情報 M1C は、作業機 2 の上下方向における位置及び車体前後方向における位置が異なる第 1 位置 P1 ~ 第 5 位置 P5 の座標を含む。このように多様な位置の座標が用いられるため、座標変換情報を精度よく演算することができる。さらに、補正後作業機位置情報 M1C は、外部計測装置 62 によって計測された作業機位置情報 M1 が、油圧シヨベル 100 の車体前後方向における傾斜を考慮して補正されているので、本来の刃先の位置により近い値となる。その結果、油圧シヨベル 100 の高さ方向における刃先の位置が計測される際の精度低下が抑制されるので、較正の精度低下が抑制される。このため、作業機パラメータの較正值の精度低下が抑制される。

[0095] 以上、本実施形態を説明したが、前述した内容により本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。さらに、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。さらに、本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。例えば、作業機2は、ブーム6、アーム7、バケット8を有しているが、作業機2に装着される作業具はバケット8には限定されない。

[0096] 作業点としてバケット8の刃先が例示されているが、バケット8以外の作業具が用いられる場合には、作業点は、作業具の先端に位置する点等、作業対象物と接触する部分であってもよい。ブーム6、アーム7、バケット8の回動角 α 、 β 、 γ は、角度センサによって直接検出されてもよい。ピッチ角 θ_p は、例えば、油圧シヨベル100のカウンタウエイトWTに取り付けた水準器を傾斜情報検出装置として、その検出結果から求めてられもよい。また、ブーム6に圧力センサを設けて作業機2のモーメントを求め、得られたモーメントから油圧シヨベル100の車体前後方向における傾斜情報、例えばピッチ角 θ_p を求めてもよい。

[0097] 作業機位置情報M1は、前述したバケット8の刃先の5つの位置の座標に限られない。例えば、作業機位置情報M1は、作業機2の姿勢が異なる少なくとも3つの作業点の位置を含むものであればよい。この場合、3つの作業点の位置は、一直線上に並ぶのではなく、1つの作業点の位置が他の2つの作業点を結ぶ直線に対して、上下方向又は車体前後方向に離れていればよい。

[0098] 作業機位置情報M1、旋回体位置情報R1及びアンテナ位置情報A1は、有線又は無線の通信手段によって、外部計測装置62から較正装置60の入力部63に入力されてもよい。外部計測装置62は、トータルステーションに限らず、作業点の位置を計測する他の装置であってもよい。本実施形態では、旋回体位置情報R1から特定される旋回平面B'に垂直な単位法線ベクトルBH'を補正した単位法線ベクトルBHが座標変換情報として用いられているが、単位法線ベクトルBH'が座標変換情報として用いられてもよい。

符号の説明

- [0099] 2 作業機
3 旋回体
5 走行体
6 ブーム
7 アーム
8 バケット（作業具）
60 較正装置
63 入力部
62 外部計測装置
65 a 車体座標系演算部
65 b 座標変換部
65 c 第1較正演算部
65 d 第2較正演算部
65 e 補正部
100 油圧シヨベル

請求の範囲

- [請求項1] 走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と、前記旋回体に対する前記ブームの回動角と、前記ブームに対する前記アームの回動角と、前記アームに対する前記作業具の回動角とを示す複数のパラメータに基づいて前記作業具に含まれる作業点の現在位置を演算する現在位置演算部と、を含む油圧シヨベルと、
- 前記パラメータを較正するための較正装置と、
- 前記作業点の位置を計測する外部計測装置と、
- 前記油圧シヨベルの車体前後方向における傾斜情報を検出する傾斜情報検出装置と、を備え、
- 前記較正装置は、
- 前記傾斜情報検出装置によって検出された前記油圧シヨベルの車体前後方向における傾斜情報に基づいて、前記外部計測装置によって計測された前記作業点の複数の位置を補正し、補正後の前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する、油圧シヨベルの較正システム。
- [請求項2] 走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、前記旋回体に対する前記ブームの回動角と前記ブームに対する前記アームの回動角と前記アームに対する前記作業具の回動角とを検出する角度検出部と、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と前記回動角とを示す複数のパラメータに基づいて前記作業具に含まれる作業点の現在位置を演算する現在位置演算部と、を含む油圧シヨベルと、

前記パラメータを較正するための較正装置と、
前記作業点の位置を計測する外部計測装置と、
前記油圧シヨベルの車体前後方向における傾斜情報を検出する傾斜
情報検出装置と、を備え、

前記較正装置は、

前記外部計測装置が計測した、前記作業機の姿勢が異なる少なく
とも3つの前記作業点の位置を含む作業機位置情報と、前記旋回体の
前記走行体に対する旋回角度が異なる少なくとも3つの前記作業点の
位置を含む旋回体位置情報と、前記傾斜情報検出装置によって検出さ
れた、前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点に対応し
た、前記油圧シヨベルの車体前後方向における傾斜情報と、が入力さ
れる入力部と、

前記傾斜情報に基づいて前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの
前記作業点の位置を補正する補正部と、

補正後の前記作業点を含む前記作業機位置情報に基づいて前記作
業機の動作平面に垂直な第1単位法線ベクトルを演算し、前記旋回体
位置情報に基づいて前記旋回体の旋回平面に垂直な第2単位法線ベク
トルを演算し、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクト
ルとに垂直な第3単位法線ベクトルを演算する車体座標系演算部と、

前記外部計測装置で計測された前記作業点の複数の位置での座標
を、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルと前記第
3単位法線ベクトルとを用いて、前記外部計測装置における座標系か
ら前記油圧シヨベルにおける車体座標系に変換する座標変換部と、

前記車体座標系に変換された前記作業点の複数の位置での座標に
基づいて、前記パラメータの較正值を演算する較正演算部と、

を含む、油圧シヨベルの較正システム。

[請求項3]

前記傾斜情報は、前記油圧シヨベルのピッチ角である、請求項1又
は請求項2に記載の油圧シヨベルの較正システム。

[請求項4] 走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、を含む油圧ショベルにおいて、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と前記回動角とを示す複数のパラメータを較正するための方法であって、

前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報を取得し、

前記傾斜情報に基づいて、前記作業具に含まれる前記作業点の複数の位置を補正し、

補正後の前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する、油圧ショベルの較正方法。

[請求項5] 走行体と、前記走行体に旋回可能に取り付けられた旋回体と、前記旋回体に回動可能に取り付けられたブームと前記ブームに回動可能に取り付けられたアームと前記アームに回動可能に取り付けられた作業具とを含む作業機と、を含む油圧ショベルにおいて、前記ブームと前記アームと前記作業具との寸法と前記回動角とを示す複数のパラメータを較正するための方法であって、

前記作業機の姿勢が異なる少なくとも2つの前記作業点の位置と前記作業機の動作平面上の所定の基準点の位置とを含む、又は前記作業機の姿勢が異なる少なくとも3つの、前記作業具に含まれる作業点の位置を含む作業機位置情報と、前記旋回体の前記走行体に対する旋回角度が異なる少なくとも3つの前記作業点の位置を含む旋回体位置情報と、前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点に対応した、前記油圧ショベルの車体前後方向における傾斜情報を取得し、

前記傾斜情報に基づいて前記作業機位置情報に含まれるそれぞれの前記作業点の位置を補正し、

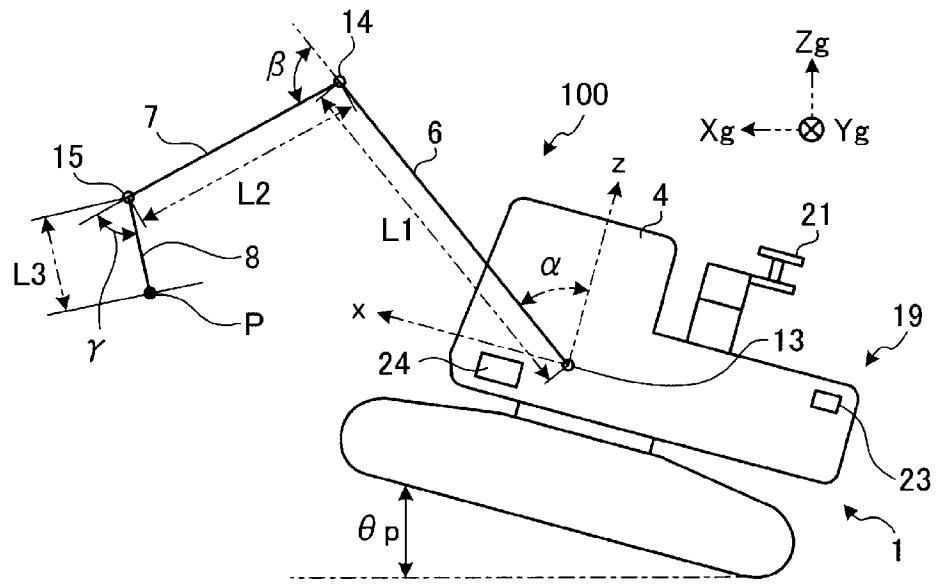
補正後の前記作業点を含む前記作業機位置情報に基づいて前記作業機の動作平面に垂直な第1単位法線ベクトルを演算し、前記旋回体位

置情報に基づいて前記旋回体の旋回平面に垂直な第2単位法線ベクトルを演算し、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルとに垂直な第3単位法線ベクトルを演算し、

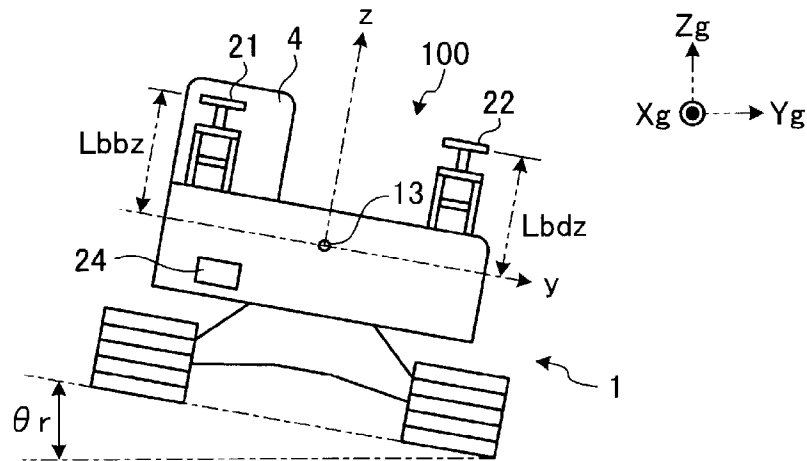
前記作業点の複数の位置での座標を、前記第1単位法線ベクトルと前記第2単位法線ベクトルと前記第3単位法線ベクトルとを用いて、前記外部計測装置における座標系から前記油圧ショベルにおける車体座標系に変換し、

前記車体座標系に変換された前記作業点の複数の位置での座標に基づいて、前記パラメータの較正值を演算する、油圧ショベルの較正方法。

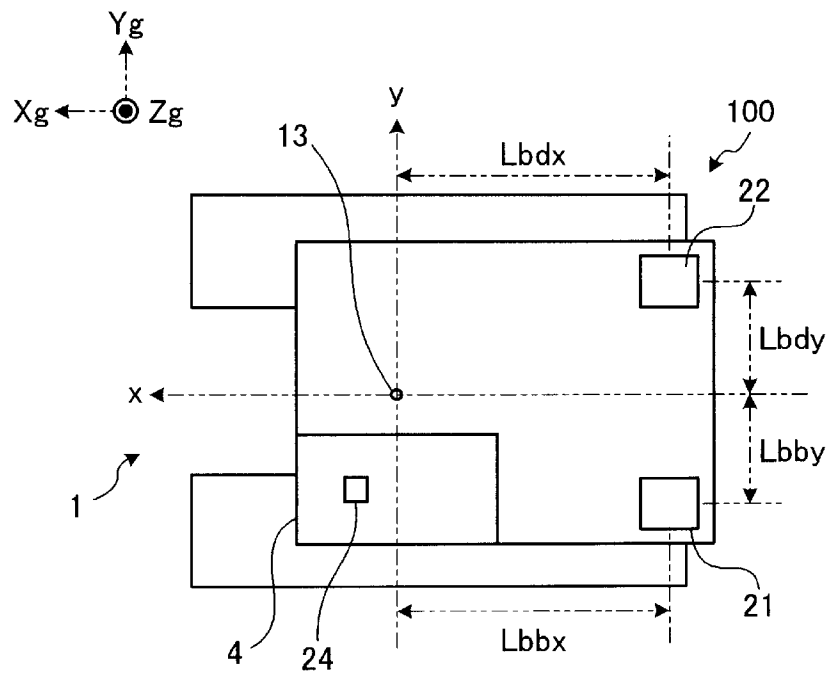
[図2-1]



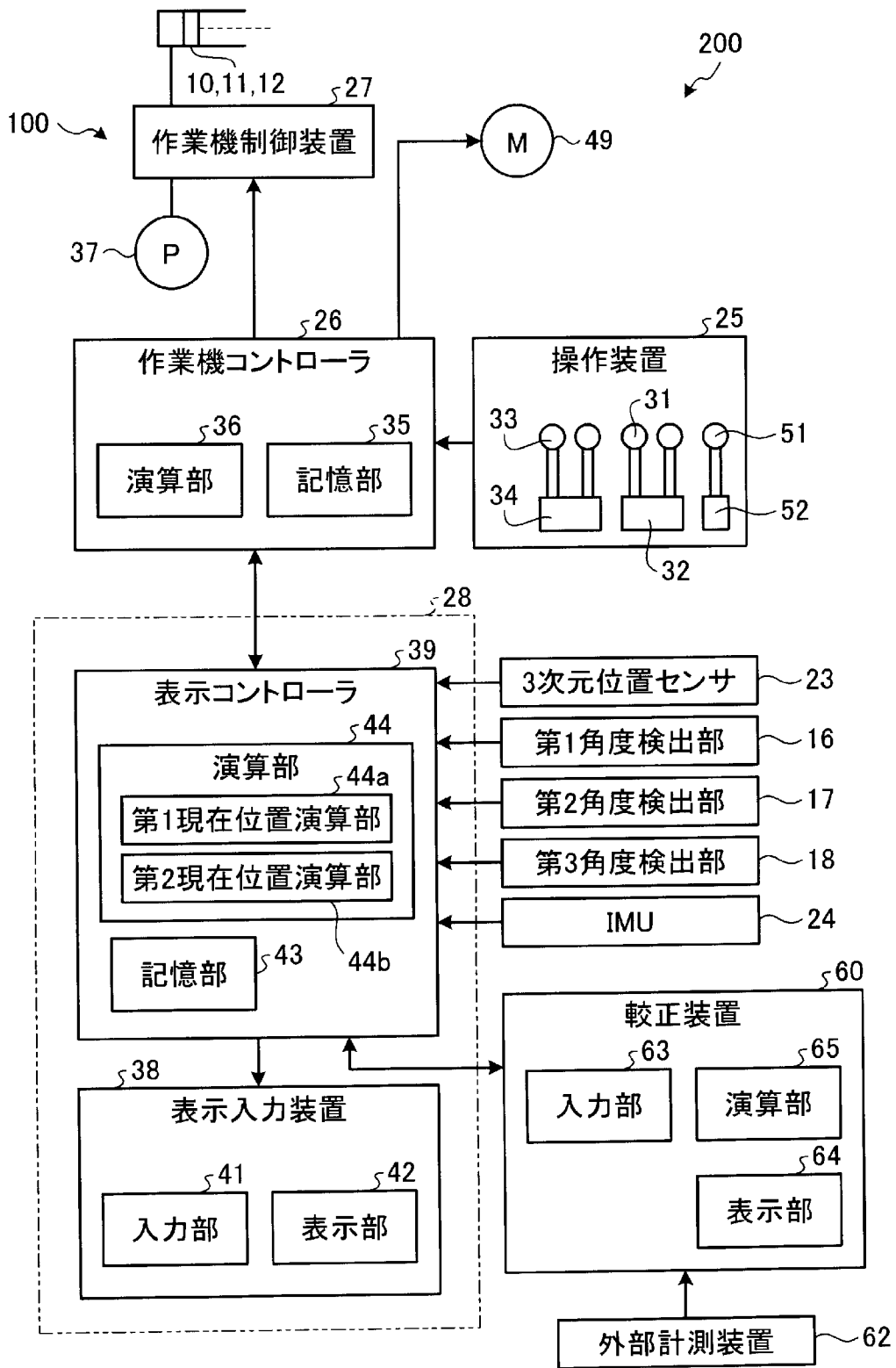
[図2-2]



[図2-3]



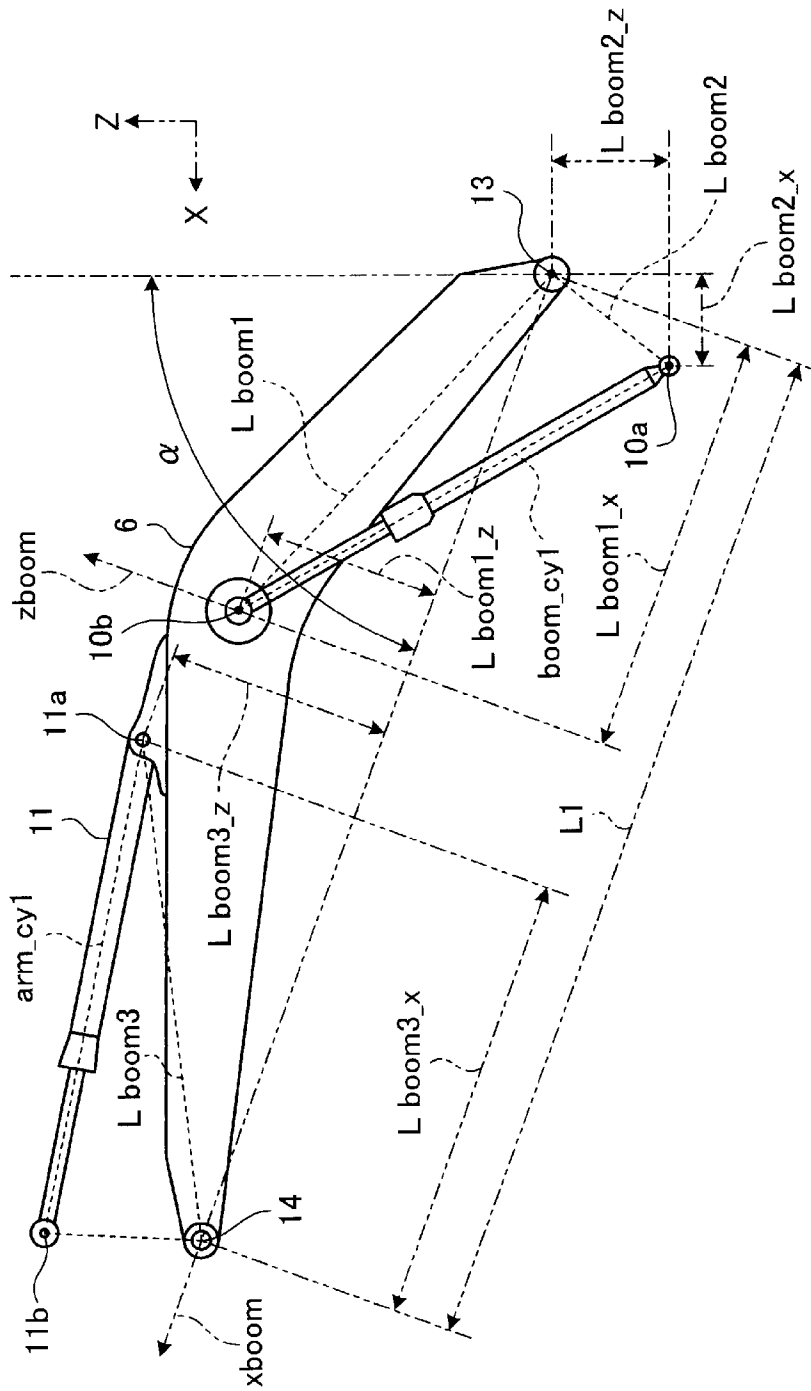
[図3]



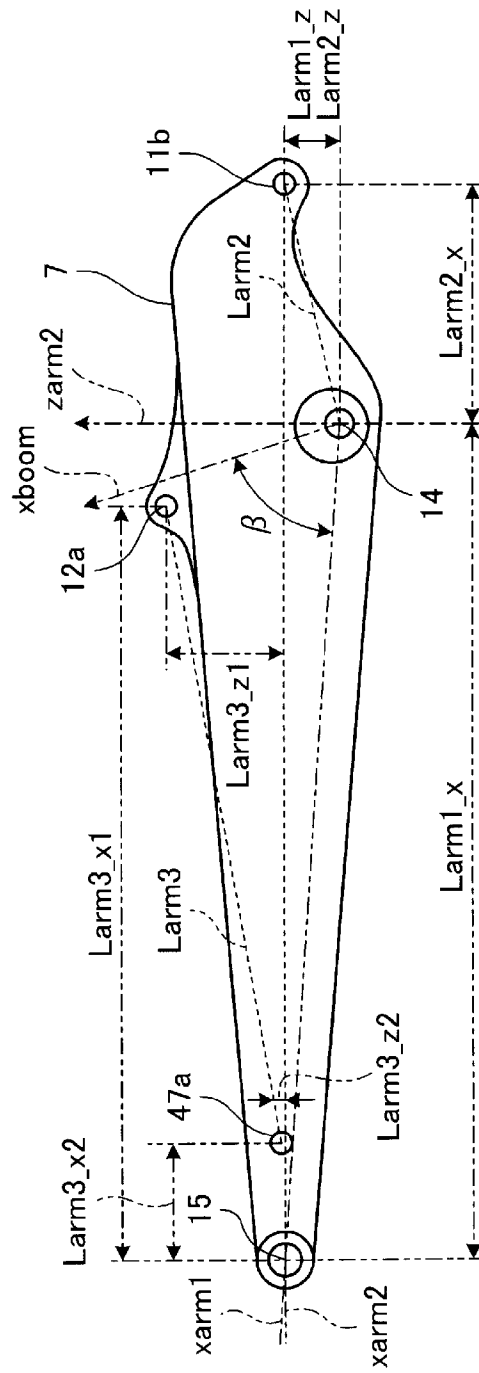
[図4]

	No.	項目	記号
作業機 パラメータ	1	ブームピンとアームピンとの間の長さ	L1
	2	アームピンとバケットピンとの間の長さ	L2
	3	バケットピンとバケットの刃先との間の長さ	L3
	4	ブームシリンダトップピンとブームピンとの間の距離	Lboom1
	5	ブームシリンダトップピンとブームピンとの間のxboom軸方向の距離	Lboom1_x
	6	ブームシリンダトップピンとブームピンとの間のzboom軸方向の距離	Lboom1_z
	7	ブームシリンダフットピンとブームピンとの間の距離	Lboom2
	8	ブームシリンダフットピンとブームピンとの間の車体水平方向の距離	Lboom2_x
	9	ブームシリンダフットピンとブームピンとの間の車体垂直方向の距離	Lboom2_z
	10	アームシリンダフットピンとアームピンとの間の距離	Lboom3
	11	アームシリンダフットピンとアームピンとの間のxboom軸方向の距離	Lboom3_x
	12	アームシリンダフットピンとアームピンとの間のzboom軸方向の距離	Lboom3_z
	13	アームピンとバケットピンとの間のxarm2軸方向の距離	Larm1_x
	14	アームピンとバケットピンとの間のzarm2軸方向の距離	Larm1_z
	15	アームシリンダトップピンとアームピンとの間の距離	Larm2
	16	アームシリンダトップピンとアームピンとの間のxarm2軸方向の距離	Larm2_x
	17	アームシリンダトップピンとアームピンとの間のzarm2軸方向の距離	Larm2_z
	18	バケットシリンダフットピンと第1リンクピンとの間の距離	Larm3
	19	バケットシリンダフットピンと第1リンクピンとの間のxarm2軸方向の距離	Larm3_x1
	20	バケットシリンダフットピンと第1リンクピンとの間のzarm2軸方向の距離	Larm3_x1
	21	第1リンクピンとバケットピンとの間のxarm2軸方向の距離	Larm3_x2
	22	第1リンクピンとバケットピンとの間のzarm2軸方向の距離	Larm3_x2
	23	第1リンクピンとバケットピンとの間の距離	Larm4
	24	バケットシリンダトップピンと第1リンクピンとの間の距離	Lbucket1
	25	バケットシリンダトップピンと第2リンクピンとの間の距離	Lbucket2
	26	バケットピンと第2リンクピンとの間の距離	Lbucket3
	27	ブームシリンダオフセット	boft
	28	アームシリンダオフセット	aoft
	29	バケットシリンダオフセット	bkoft
	30	バケットピンと第2リンクピンとの間のxbucket軸方向の距離	Lbucket4_x
	31	バケットピンと第2リンクピンとの間のzbucket軸方向の距離	Lbucket4_z
アンテナ パラメータ	32	ブームピンと基準アンテナとの間の車体座標系のx軸方向の距離	Lbbx
	33	ブームピンと基準アンテナとの間の車体座標系のy軸方向の距離	Lbby
	34	ブームピンと基準アンテナとの間の車体座標系のz軸方向の距離	Lbbz
	35	ブームピンと方向アンテナとの間の車体座標系のx軸方向の距離	Lbdx
	36	ブームピンと方向アンテナとの間の車体座標系のy軸方向の距離	Lbdy
	37	ブームピンと方向アンテナとの間の車体座標系のz軸方向の距離	Lbdz

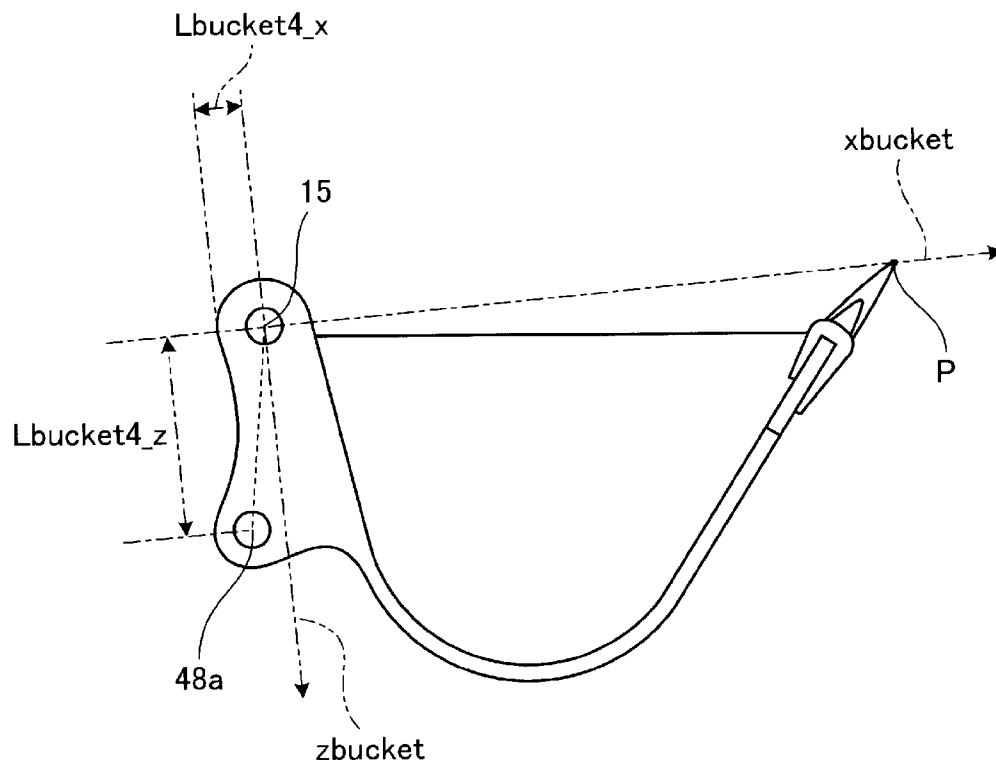
[図5]



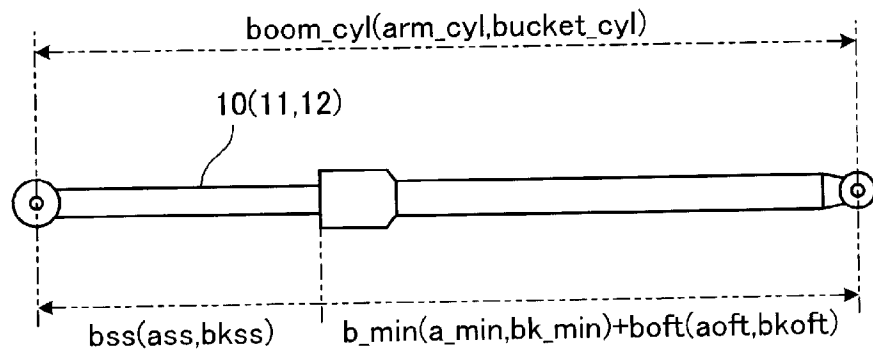
[図6]



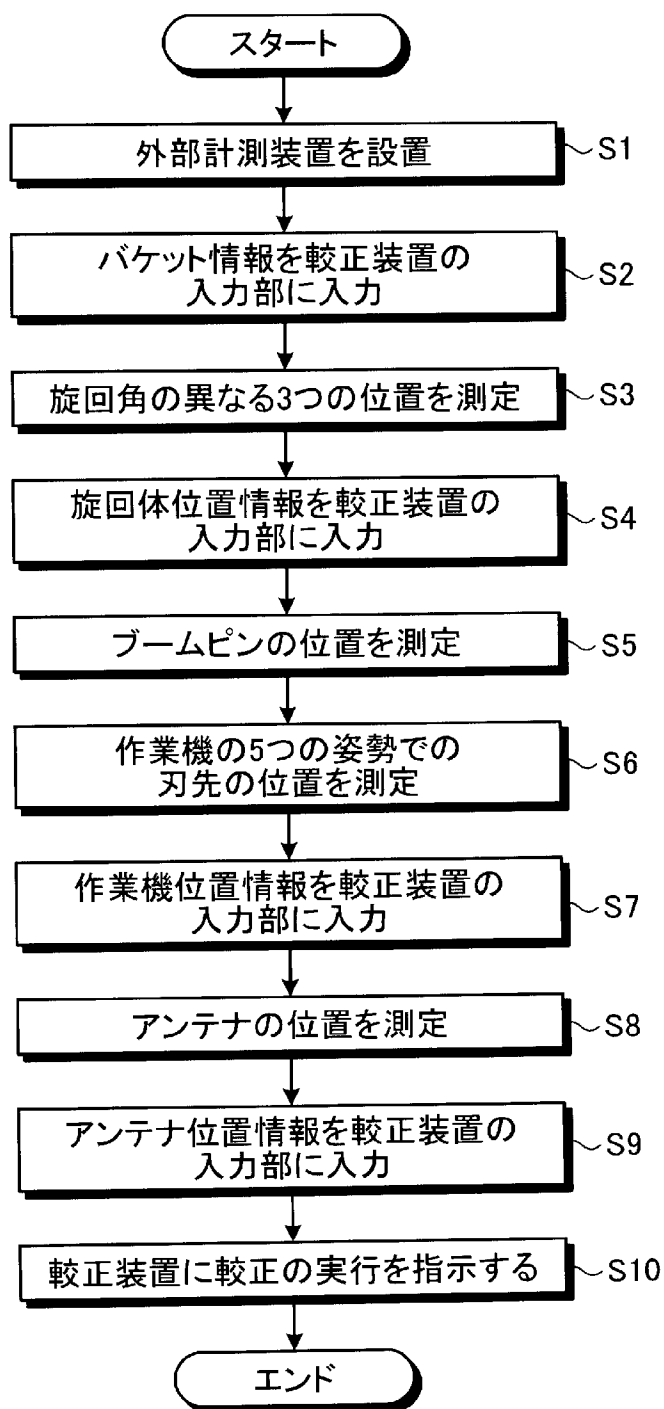
[図8]



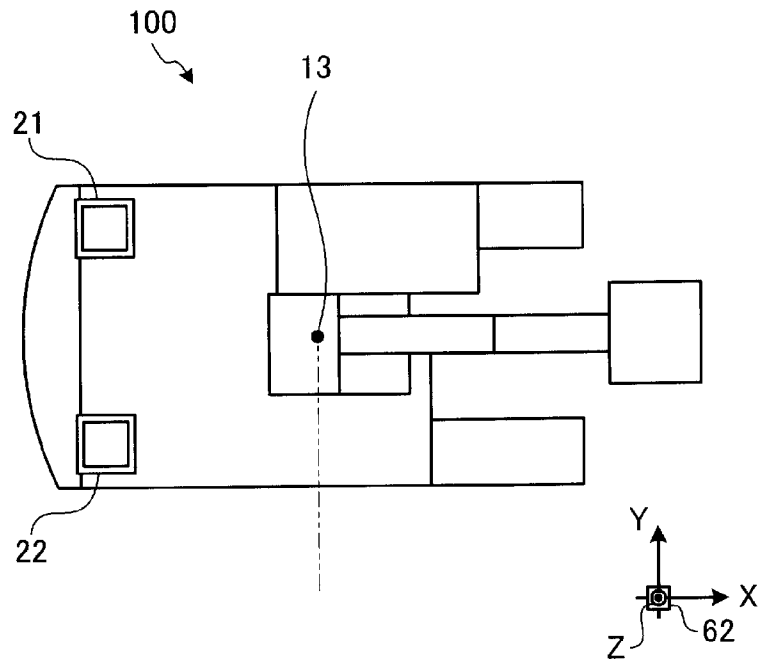
[図9]



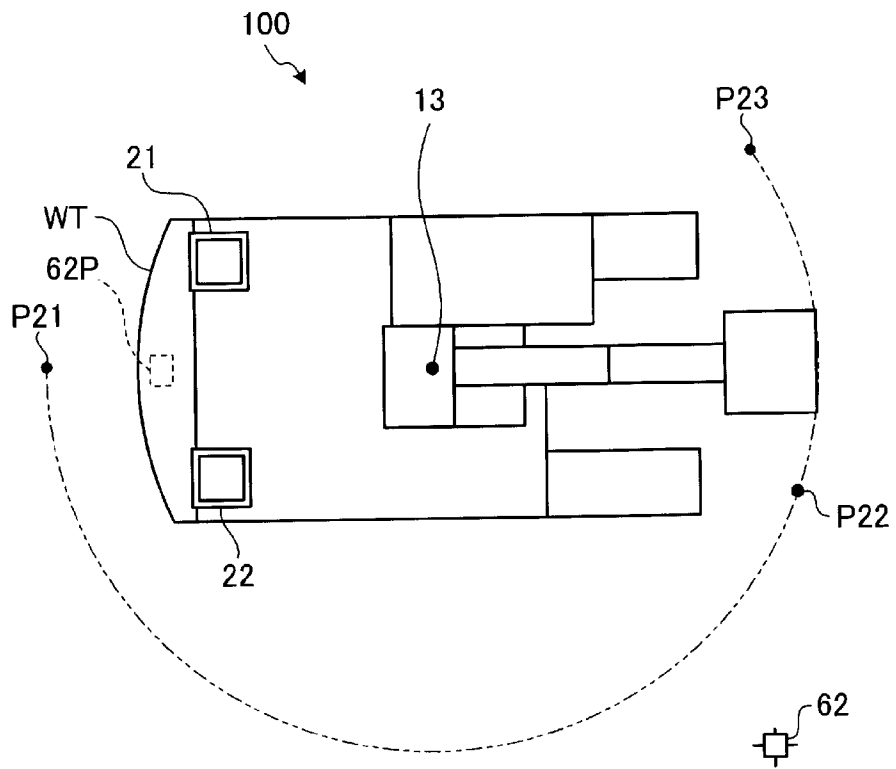
[図10]



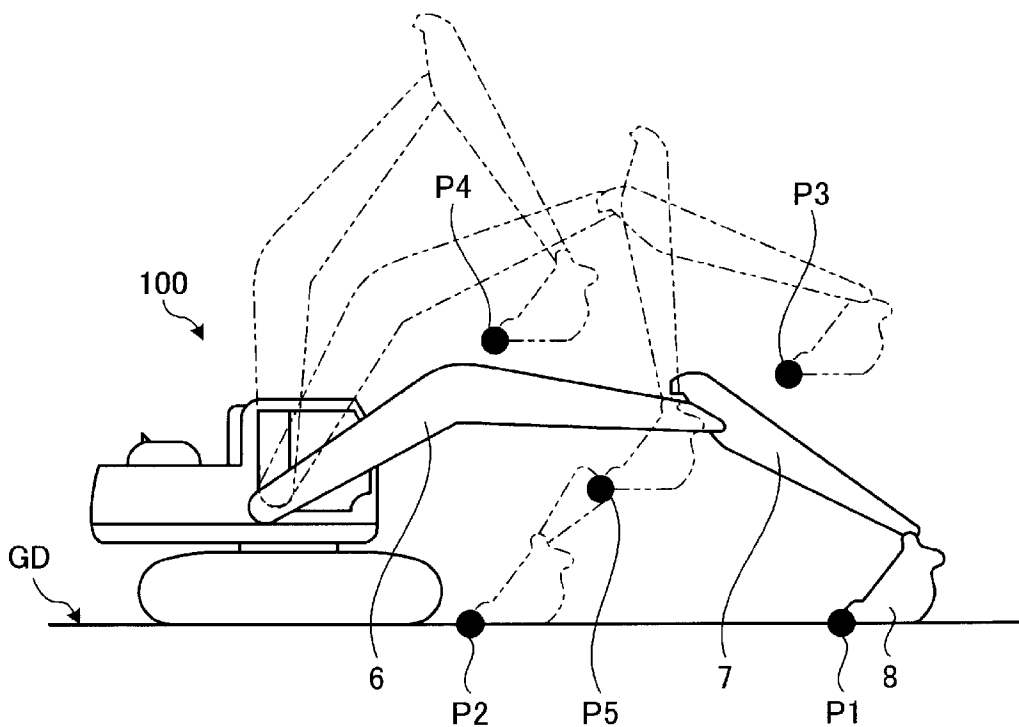
[図11]



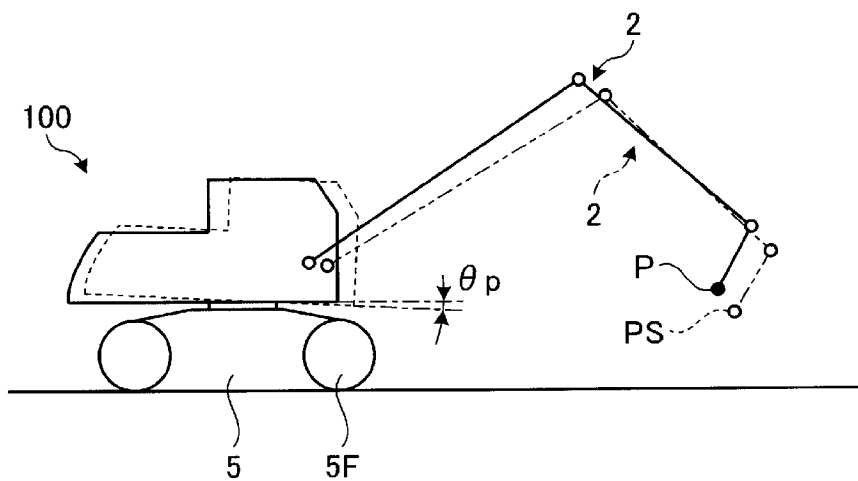
[図12]



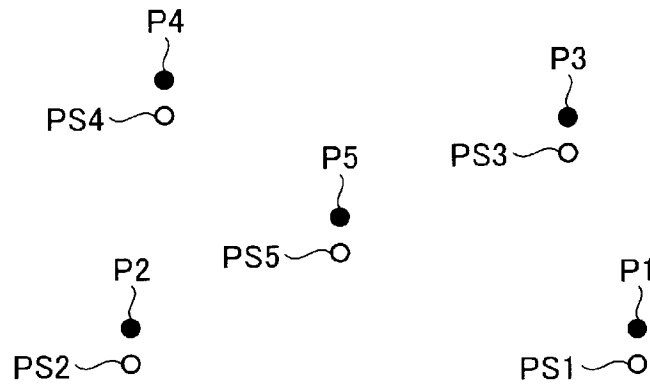
[図13]



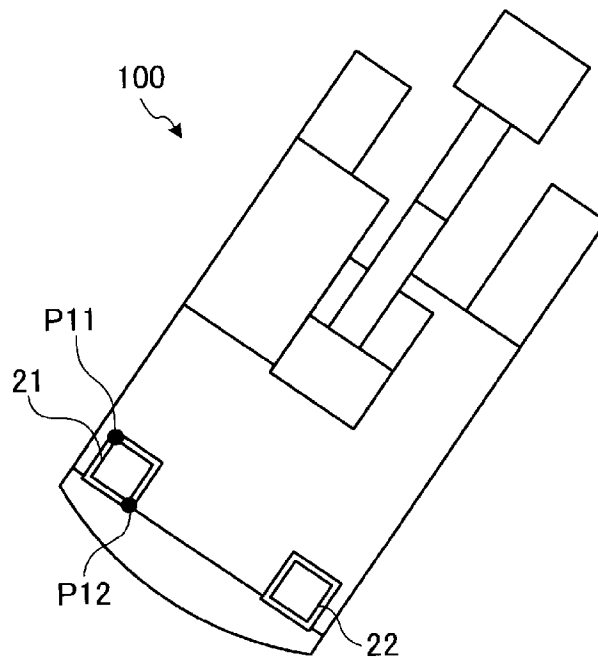
[図14]



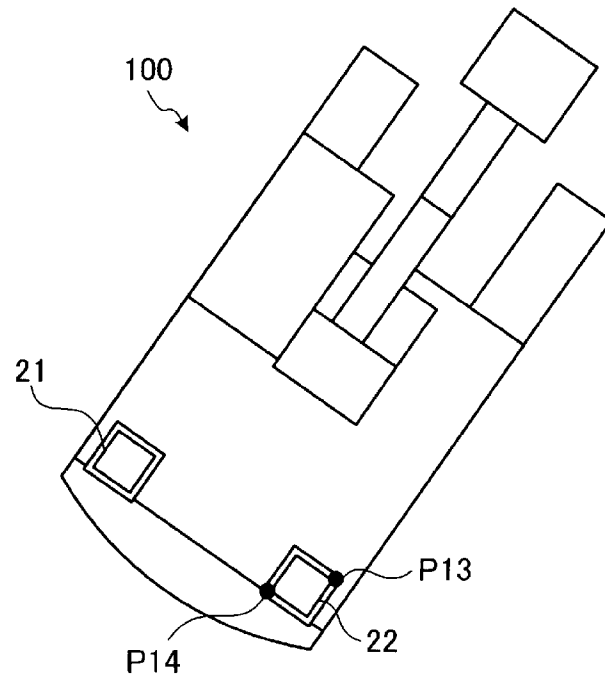
[図15]



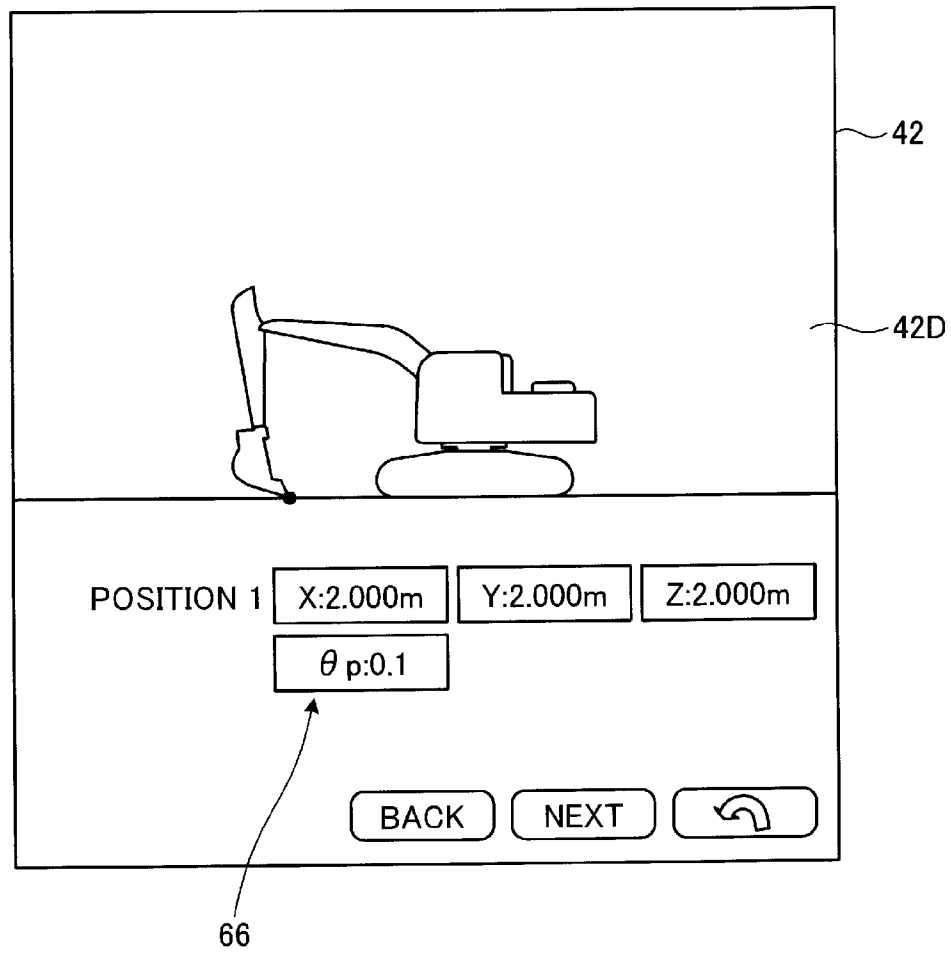
[図16]



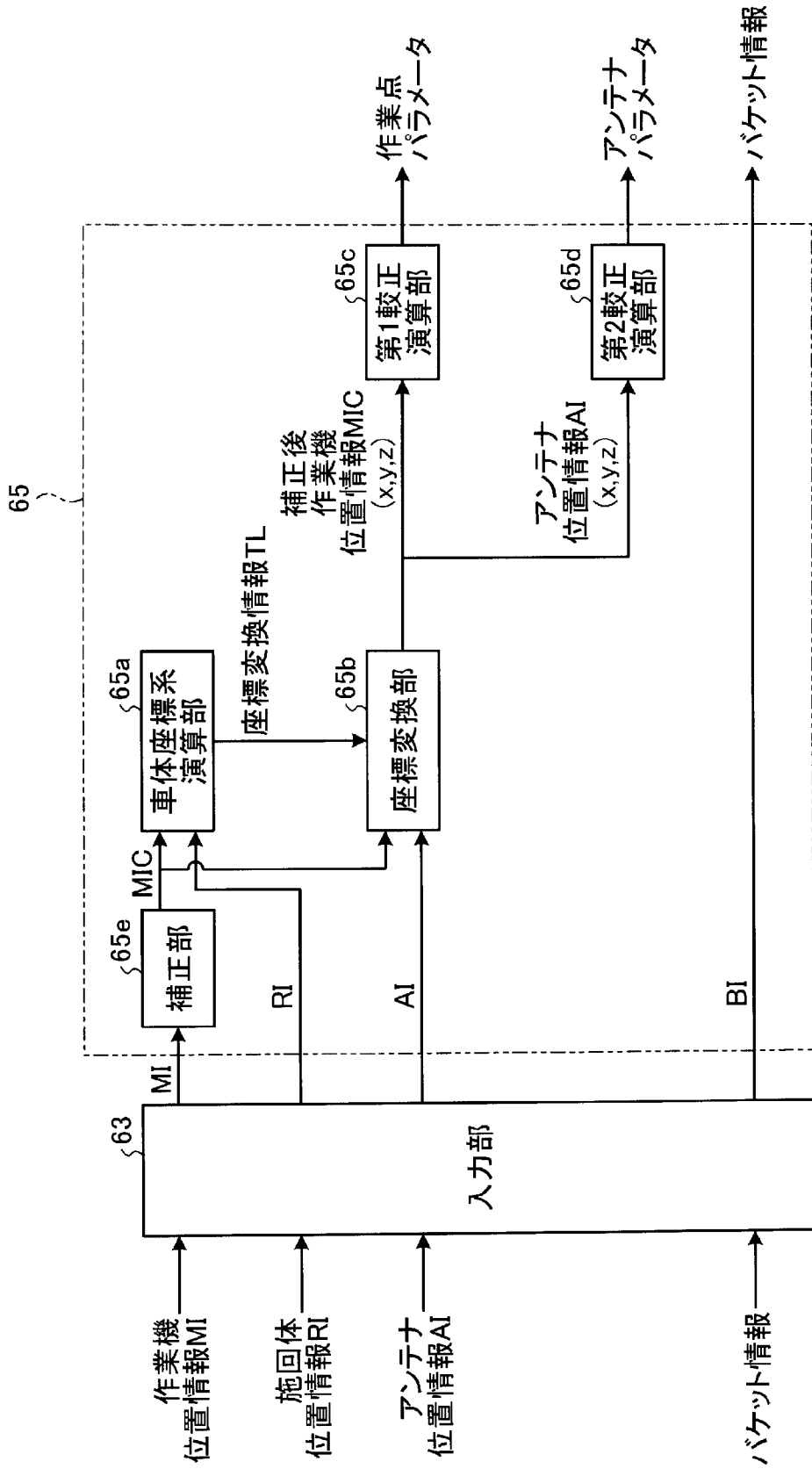
[図17]



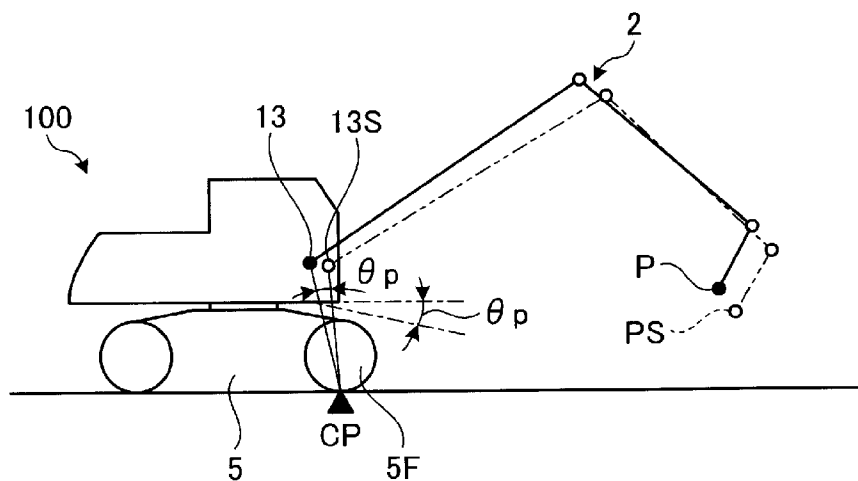
[図18]



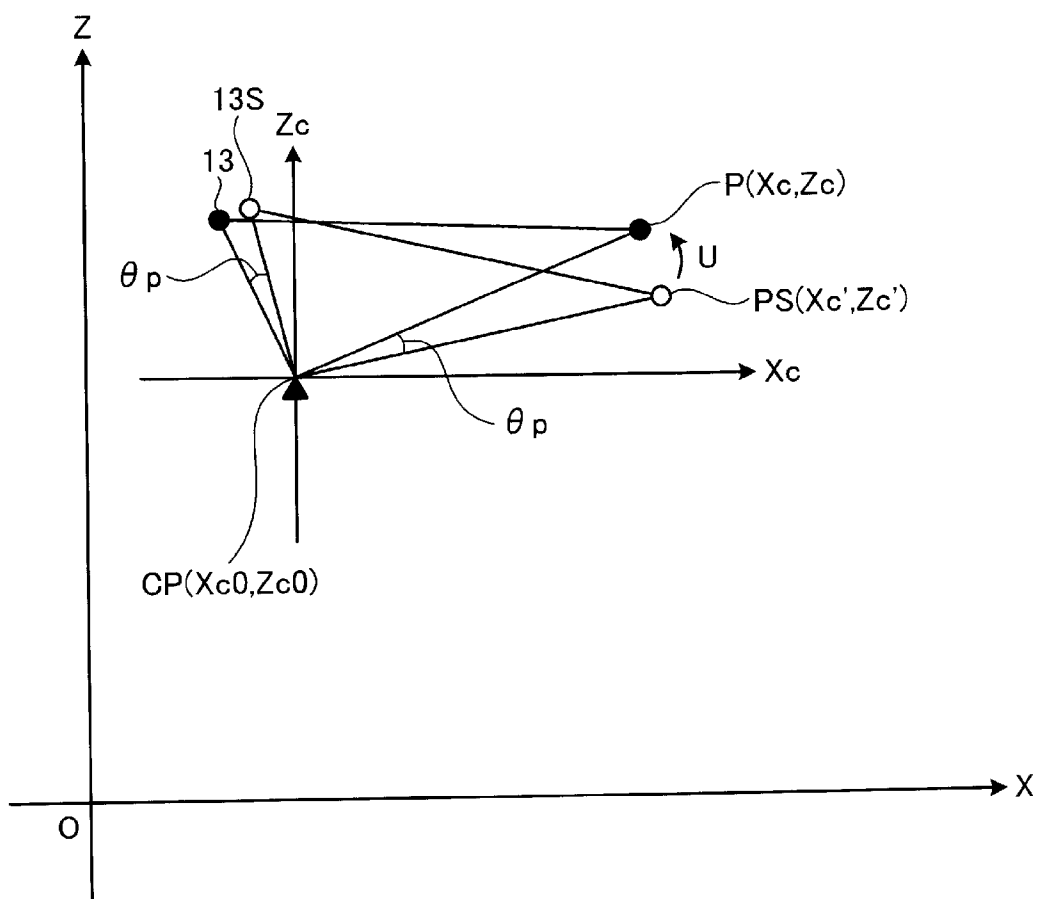
[図19]



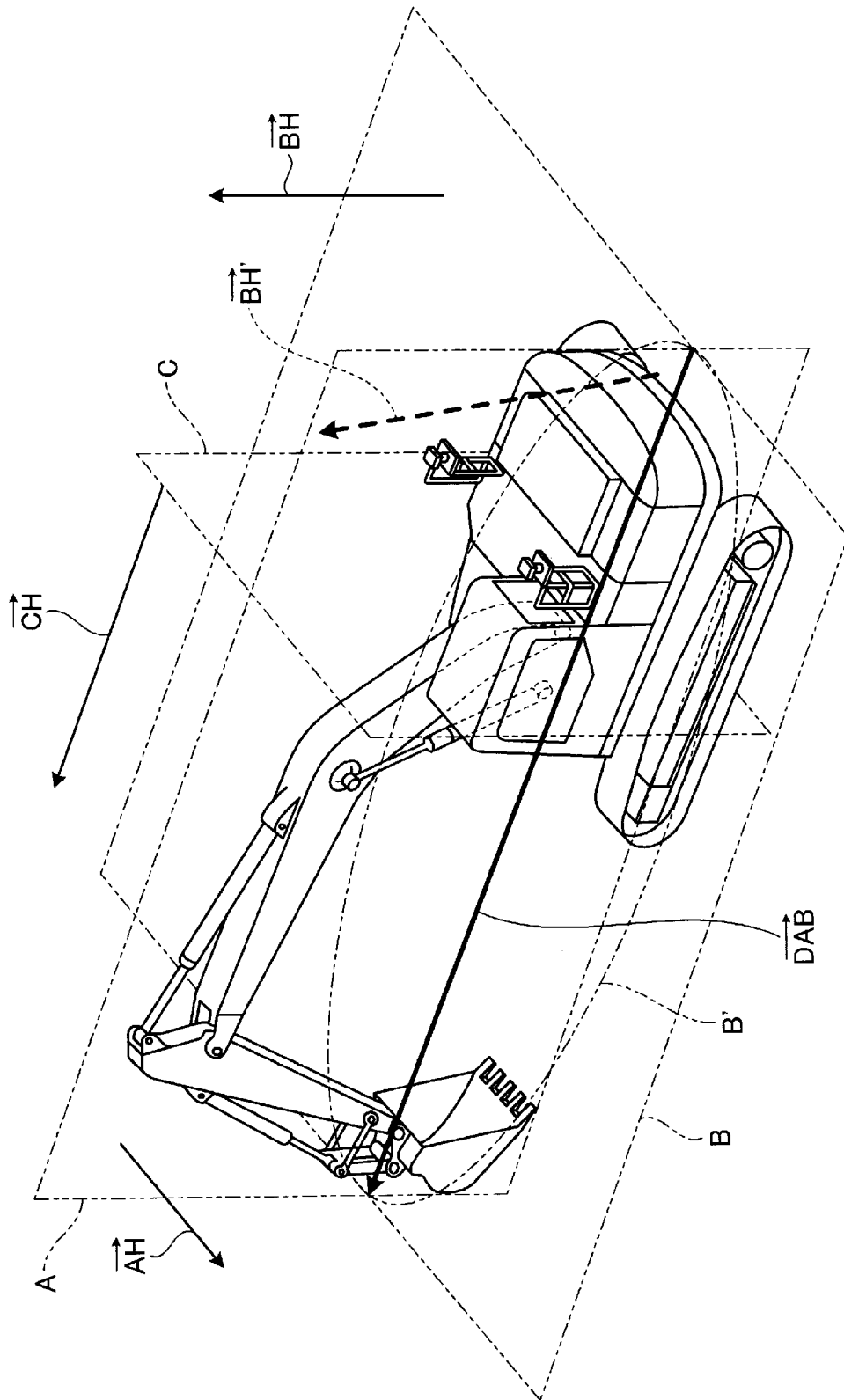
[図20]



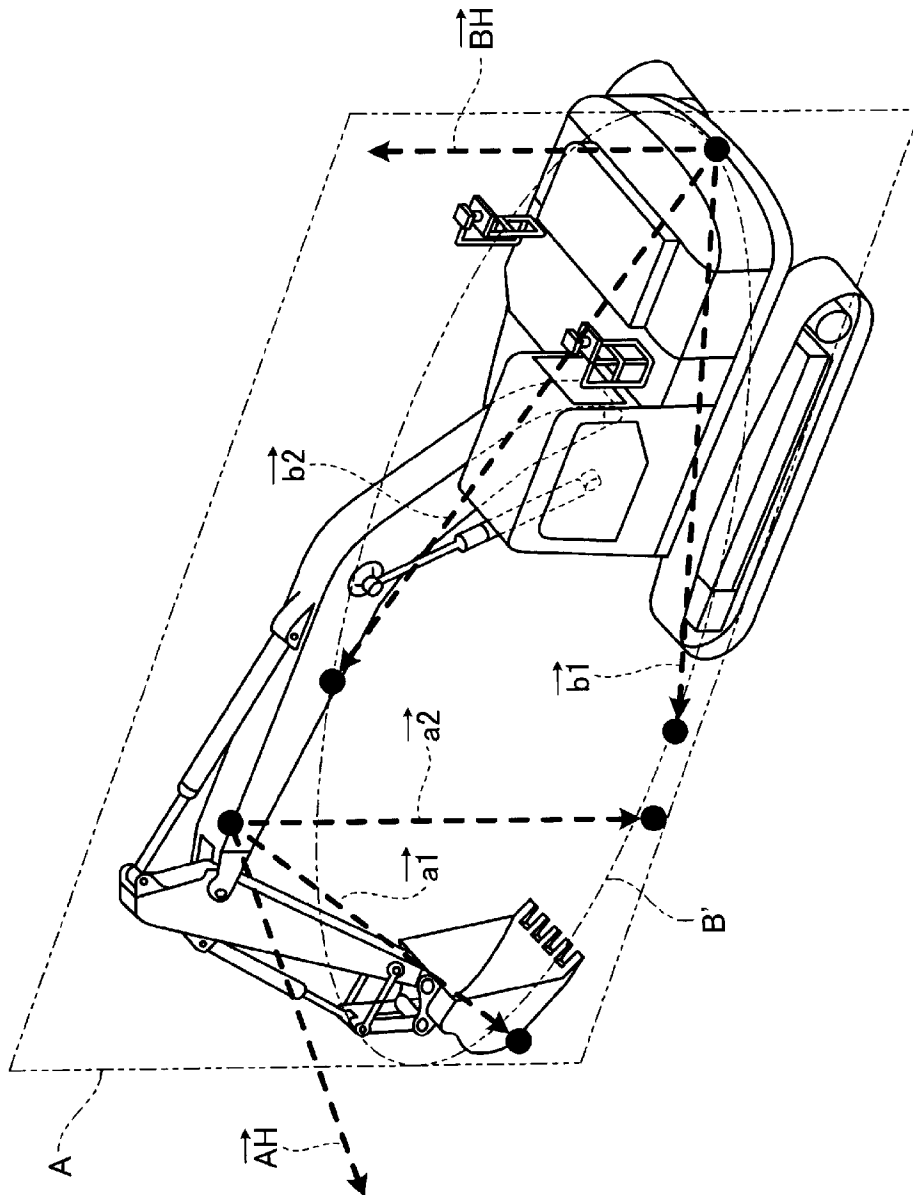
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2014/062894

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
E02F9/20(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G01B21/22(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i, G01S19/43(2010.01)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)
E02F9/20, G01B21/00, G01B21/22, G01C15/00, G01S19/43

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/128200 A1 (Komatsu Ltd.), 27 September 2012 (27.09.2012), entire text; all drawings & JP 2012-202061 A & US 2013/0158788 A1 & DE 112012000128 T & CN 103080426 A & KR 10-2013-0069742 A	1-5
A	JP 2012-233353 A (Komatsu Ltd.), 29 November 2012 (29.11.2012), entire text; all drawings (Family: none)	1-5

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 08 August, 2014 (08.08.14)	Date of mailing of the international search report 19 August, 2014 (19.08.14)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/062894

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2012/128192 A1 (Komatsu Ltd.), 27 September 2012 (27.09.2012), entire text; all drawings & JP 2012-202063 A & US 2013/0158789 A1 & DE 112012000125 T & CN 103080427 A & KR 10-2013-0069743 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. E02F9/20(2006.01)i, G01B21/00(2006.01)i, G01B21/22(2006.01)i, G01C15/00(2006.01)i, G01S19/43(2010.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） Int.Cl. E02F9/20, G01B21/00, G01B21/22, G01C15/00, G01S19/43		
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 1971-2014年 日本国実用新案登録公報 1996-2014年 日本国登録実用新案公報 1994-2014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） CiNii		
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	WO 2012/128200 A1（株式会社小松製作所）2012.09.27, 全文, 全図 & JP 2012-202061 A & US 2013/0158788 A1 & DE 112012000128 T & CN 103080426 A & KR 10-2013-0069742 A	1-5
A	JP 2012-233353 A（株式会社小松製作所）2012.11.29, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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 08.08.2014	国際調査報告の発送日 19.08.2014	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 須永 聡 電話番号 03-3581-1101 内線 3241	2D 3201

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	WO 2012/128192 A1 (株式会社小松製作所) 2012.09.27, 全文, 全図 & JP 2012-202063 A & US 2013/0158789 A1 & DE 112012000125 T & CN 103080427 A & KR 10-2013-0069743 A	1-5