

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-181340

(P2017-181340A)

(43) 公開日 平成29年10月5日(2017.10.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
GO1C	15/00	(2006.01)	GO1C	15/00	104Z	2D015		
EO2F	9/26	(2006.01)	EO2F	9/26	B	2F069		
GO1C	9/06	(2006.01)	GO1C	9/06	Z			
GO1B	21/22	(2006.01)	GO1B	21/22				

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2016-70141 (P2016-70141)
 (22) 出願日 平成28年3月31日 (2016.3.31)

(71) 出願人 000005522
 日立建機株式会社
 東京都台東区東上野二丁目16番1号
 (74) 代理人 110001829
 特許業務法人開知国際特許事務所
 (72) 発明者 山田 弘幸
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 内
 (72) 発明者 森木 秀一
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 株式会社日立製作所
 内

最終頁に続く

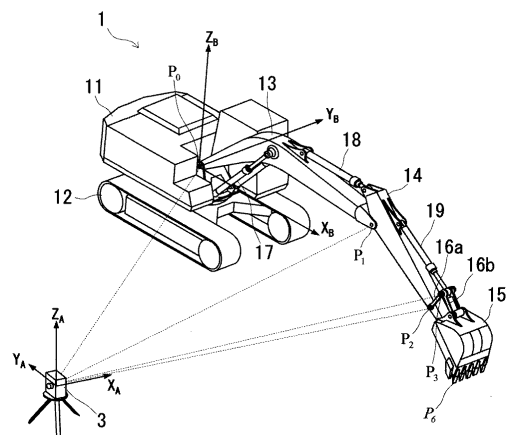
(54) 【発明の名称】 建設機械及び建設機械の較正方法

(57) 【要約】

【課題】 建設機械の作業機構の各稼動部に設置した傾斜センサの取付角度を高精度且つ容易に較正する。

【解決手段】 上部旋回体 11 に対するブーム 13 の回転軸上にある点 P_0 、前記ブームに対するアーム 14 の回転軸上にある点 P_1 、前記アームに対する第 1 バケットリンク 16 a の回転軸上にある点 P_2 、及び第 1 バケットリンク 16 a に対する第 2 バケットリンク 16 b の回転軸上にある点 P_3 を外部計測装置 3 で計測する第 1 ステップと、少なくとも前記第 1 ステップで計測された点 P_0, P_1, P_2, P_3 の三次元位置を基に、前記ブーム、前記アーム及び前記バケットの傾斜角度 $\theta_{bm}, \theta_{am}, \theta_{bk}$ を演算する第 2 ステップと、前記第 2 ステップで演算された前記傾斜角度、及び傾斜センサ 21 ~ 23 で検出された傾斜角度 s_1, s_2, s_3 を基に、取付角度 m_1, m_2, m_3 を演算する第 3 ステップとを備える。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

車体と、
 前記車体に回転可能に支持された第 1 稼動部と、
 前記第 1 稼動部に回転可能に支持された第 2 稼動部と、
 前記第 2 稼動部に回転可能に支持された第 3 稼動部と、
 前記第 1 稼動部に第 1 取付角度で取付けられ、前記第 1 稼動部の傾斜角度を検出する第 1 角度検出部と、
 前記第 2 稼動部に第 2 取付角度で取付けられ、前記第 1 稼動部の傾斜角度を検出する第 2 角度検出部と、
 前記第 3 稼動部に第 3 取付角度で取付けられ、前記第 1 稼動部の傾斜角度を検出する第 3 角度検出部と、
 前記第 1 乃至第 3 取付角度、前記第 1 乃至第 3 角度検出部で各々検出された前記第 1 乃至第 3 稼動部の傾斜角度、及び前記第 1 乃至第 3 稼動部の寸法情報を基に、前記第 3 稼動部上の予め設定された位置を演算するように構成された演算装置とを有する建設機械の前記第 1 乃至第 3 取付角度を較正する、建設機械の較正方法において、
 前記車体に対する前記第 1 稼動部の回転軸上にある第 1 計測点、前記第 1 稼動部に対する前記第 2 稼動部の回転軸上にある第 2 計測点、前記第 2 稼動部に対する前記第 3 稼動部の回転軸上にある第 3 計測点、及び前記第 3 稼動部上にある第 4 計測点を外部計測装置で計測する第 1 ステップと、
 少なくとも前記第 1 ステップで計測された前記第 1 乃至第 4 計測点を基に、前記第 1 乃至第 3 稼動部の傾斜角度を前記演算装置によって演算する第 2 ステップと、
 前記第 2 ステップで演算された前記第 1 乃至第 3 稼動部の傾斜角度、及び前記第 1 乃至第 3 角度検出部で検出された傾斜角度を基に、前記第 1 乃至第 3 取付角度を演算する第 3 ステップと
 を備えたことを特徴とする建設機械の較正方法。

10

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の建設機械の較正方法において、
 前記第 3 稼動部は、
 前記第 2 稼動部に回転可能に支持された本体部と、
 前記第 2 稼動部に一端が回転可能に支持された第 1 連結部と、
 前記第 1 連結部の他端に一端が回転可能に支持され、前記本体部に他端が回転可能に支持された第 2 連結部とを有し、
 前記第 3 角度検出部は、前記本体部に取付けられ、
 前記第 3 計測点は、前記第 2 稼動部に対する前記第 1 連結部の回転軸上にあり、
 前記第 4 計測点は、前記第 1 連結部に対する前記第 2 連結部の回転軸上にあることを特徴とする建設機械の較正方法。

30

【請求項 3】

請求項 2 に記載の建設機械の較正方法において、
 前記第 1 乃至第 4 計測点は、前記第 1 稼動部の回動平面と平行な同一平面上に配置されたことを特徴とする建設機械の較正方法。

40

【請求項 4】

車体と、
 前記車体に回転可能に支持された第 1 稼動部と、
 前記第 1 稼動部に回転可能に支持された第 2 稼動部と、
 前記第 2 稼動部に回転可能に支持された第 3 稼動部と、
 前記第 1 稼動部に第 1 取付角度で取付けられ、前記第 1 稼動部の傾斜角度を検出する第 1 角度検出部と、
 前記第 2 稼動部に第 2 取付角度で取付けられ、前記第 1 稼動部の傾斜角度を検出する第 2 角度検出部と、

50

前記第 3 稼動部に第 3 取付角度で取付けられ、前記第 1 稼動部の傾斜角度を検出する第 3 角度検出部と、

前記第 1 乃至第 3 取付角度、前記第 1 乃至第 3 角度検出部で各々検出された前記第 1 乃至第 3 稼動部の傾斜角度、及び前記第 1 乃至第 3 稼動部の寸法情報を基に、前記第 3 稼動部上の予め設定された位置を演算するように構成された演算装置とを有する建設機械において、

前記車体に対する前記第 1 稼動部の回転軸上にある第 1 計測点、前記第 1 稼動部に対する前記第 2 稼動部の回転軸上にある第 2 計測点、前記第 2 稼動部に対する前記第 3 稼動部の回転軸上にある第 3 計測点、及び前記第 3 稼動部上にある第 4 計測点のそれぞれに外部計測装置で計測可能な第 1 乃至第 4 マーカを備え、

10

前記演算装置は、少なくとも前記外部計測装置で計測された前記第 1 乃至第 4 計測点の三次元位置を基に、前記第 1 乃至第 3 稼動部の傾斜角度を演算し、前記第 1 乃至第 3 稼動部の傾斜角度、及び前記第 1 乃至第 3 角度検出部で検出された傾斜角度を基に、前記第 1 乃至第 3 取付角度を演算するように構成されたことを特徴とする建設機械。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の建設機械において、

前記第 3 稼動部は、

前記第 2 稼動部に回転可能に支持された本体部と、

前記第 2 稼動部に一端が回転可能に支持された第 1 連結部と、

前記第 1 連結部の他端に一端が回転可能に支持され、前記本体部に他端が回転可能に支持された第 2 連結部とを有し、

20

前記第 3 角度検出部は、前記本体部に取付けられ、

前記第 3 計測点は、前記第 2 稼動部に対する前記第 1 連結部の回転軸上にあり、

前記第 4 計測点は、前記第 1 連結部に対する前記第 2 連結部の回転軸上にあることを特徴とする建設機械。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の建設機械において、

前記第 1 乃至第 4 マーカは、前記第 1 稼動部の回動平面と平行な同一平面上に設置されたことを特徴とする建設機械。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の建設機械において、

前記車体と前記第 1 稼動部との第 1 回転対偶部、前記第 1 稼動部と前記第 2 稼動部との第 2 回転対偶部、前記第 2 稼動部と前記第 1 連結部の第 3 回転対偶部、及び前記第 1 連結部と前記第 2 連結部との第 4 回転対偶部は、それぞれの回転軸を中心とするテーパ穴を有し、

30

前記第 1 乃至第 4 マーカは、前記第 1 乃至第 4 回転対偶部の各テーパ穴に嵌合するように形成された円すい部を有する治具を介して、前記第 1 乃至第 4 回転対偶部にそれぞれ取付けられることを特徴とする建設機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、複数の関節が連結された作業機構を有する建設機械のうち、特に作業機構の位置姿勢を計測するセンサを設けた建設機械に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、情報化施工への対応に伴い、建設機械においてブーム、アーム、バケットなどの作業機構の位置や姿勢をオペレータへ表示するマシンガイダンスや、目標施工面に沿って動くよう制御するマシンコントロールの機能を有するものがある。代表的なものとしては、油圧ショベルのバケット先端位置とバケット角度をモニタへ表示したり、バケット先端が目標施工面に近づくと、それ以上進まないように動作に制限をかけたものがある

50

。このような機能を実現するためには、作業機構の位置姿勢を計測することが必要であり、計測精度が高いほど質の高い施工が実現できる。

【0003】

作業機構の位置姿勢を計測する技術の一例として、特許文献1には以下のように記載されている。特許文献1の発明では、被計測体（例えばブーム）に複数の傾斜センサを任意の位置に取付けるだけで、被計測体の重力方向に対する角度（傾斜角）を求めることができる。被計測体の傾斜角が求められれば、被計測体の長さは、設計上既知であるから、その先端（モニタポイント）の高さ等を演算によって容易に求めることもできる。

【0004】

特許文献1に記載の内容のように、ブーム、アーム、バケットなどの作業機構の各稼働体に傾斜センサを取付けることで、各稼働体の重力方向に対する角度、つまり絶対角度がわかり、各稼働体のリンク長（回転対偶部間距離）が既知であれば、絶対角度とリンク長から作業機構先端の位置を求めることができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2008-2842号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ただし、傾斜センサの出力から作業機構の各稼働部の絶対角度を求めるためには、各稼働部に傾斜センサがどのように取付けられているかという情報が必要である。例えば、傾斜センサが稼働部に対して相対的に30度ずれて取付けられていれば、稼働部の絶対角度が0であったときに傾斜センサの出力は30度となる。つまり、傾斜センサの取付角度を予め校正しておき、傾斜センサの出力から取付角度を減じなければ、稼働部の絶対角度は得られない。また、作業機先端の位置計測を高精度（例えば±20mm以内）に行うためには、取付角度の校正も高い精度（例えば±0.1°以内）で行う必要がある。

【0007】

特許文献1では、この校正方法として、互いの位置関係が既知である複数の傾斜センサを用いて行う方法が書かれているが、一つの稼働部に複数の傾斜センサを取付けることはコストが高くなり望ましくない。

【0008】

また、一般的には稼働部を基準姿勢（水平、あるいは垂直など）に調整して、絶対角度を既知の状態とし、その時の傾斜センサの出力を取付角度として校正する方法が行われることがある。しかし、上述のように高い精度で校正を行う必要があるため、稼働部を±0.1°以内など精度良く基準姿勢に合わせなければならず、微操作の難しい建設機械などではこの基準姿勢合わせに多くの時間を要してしまう。

【0009】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、作業機構の各稼働部に設置した傾斜センサの取付角度を高精度且つ容易に校正することが可能な建設機械及び建設機械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】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明は、車体と、前記車体に回転可能に支持された第1稼働部と、前記第1稼働部に回転可能に支持された第2稼働部と、前記第2稼働部に回転可能に支持された第3稼働部と、前記第1稼働部に第1取付角度で取付けられ、前記第1稼働部の傾斜角度を検出する第1角度検出部と、前記第2稼働部に第2取付角度で取付けられ、前記第1稼働部の傾斜角度を検出する第2角度検出部と、前記第3稼働部に第3取付角度で取付けられ、前記第1稼働部の傾斜角度を検出する第3角度検出部と、前記第1乃至第3取付角度、前記第1乃至第3角度検出部で各々検出された前記第1乃至第3稼働

10

20

30

40

50

部の傾斜角度、及び前記第1乃至第3稼働部の寸法情報を基に、前記第3稼働部上の予め設定された位置を演算するように構成された演算装置とを有する建設機械の前記第1乃至第3取付角度を較正する、建設機械の較正方法において、前記車体に対する前記第1稼働部の回転軸上にある第1計測点、前記第1稼働部に対する前記第2稼働部の回転軸上にある第2計測点、前記第2稼働部に対する前記第3稼働部の回転軸上にある第3計測点、及び前記第3稼働部上にある第4計測点を外部計測装置で計測する第1ステップと、少なくとも前記第1ステップで計測された前記第1乃至第4計測点を基に、前記第1乃至第3稼働部の傾斜角度を前記演算装置によって演算する第2ステップと、前記第2ステップで演算された前記第1乃至第3稼働部の傾斜角度、及び前記第1乃至第3角度検出部で検出された傾斜角度を基に、前記第1乃至第3取付角度を演算する第3ステップとを備えたものとする。

10

【発明の効果】

【0011】

本発明により、作業機構の各稼働部を基準姿勢に位置合わせせずとも、各稼働部の回転対偶部位置を計測することで各稼働部の絶対角度を知ることができるため、各稼働部は任意の姿勢でよく、較正に要する時間を大幅に短縮することができる。また、本較正方法では作業機構を動かす必要がないため、例えば工場内など狭い場所での較正が可能であり、作業機構を動かすための作業員も省くことが可能となる。上記以外の課題、構成及び効果は以下の実施形態の説明により明らかにされる。

20

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの側面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルのブーム付近の側面図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルのアーム付近の側面図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルのバケット付近の側面図である。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの較正方法を示す斜視図である。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの三面図である。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの模式的構成図である。

【図8】本本発明の第1又は第2の実施形態に係る油圧ショベルのバケット付近の側面図である。

30

【図9】本発明の第1の実施形態に係る油圧ショベルの作業機構に取付けるマーカ及び治具の断面図である。

【図10】本発明の第3の実施形態に係る油圧ショベルの三面図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面等を用いて、本発明の実施形態について説明する。以下の説明は本発明の内容の具体例を示すものであり、本発明がこれらの説明に限定されるものではなく、本明細書に開示される技術的思想の範囲内において当業者による様々な変更および修正が可能である。また、本発明を説明するための全図において、同一の機能を有するものは、同一の符号を付け、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

40

【実施例1】

【0014】

本実施の形態では、建設機械として油圧ショベルを例に説明するが、本発明における建設機械は油圧ショベルに限定するものではない。以下、図1から図6を用いて第1の実施形態に係る油圧ショベル及び油圧ショベルの較正方法について説明する。

【0015】

図1は第1の実施の形態である油圧ショベルを示している。油圧ショベル1は、一般的な油圧ショベルと同様に、上部旋回体11、クローラを含む下部走行体12、掘削などの作業を行う作業機構を構成するブーム13、アーム14、バケット15、アーム14及びバケット15と共にリンク機構を構成する第1バケットリンク16a及び第2バケットリ

50

ンク 16 b、ブーム 13 を駆動するブームシリンダ 17、アーム 14 を駆動するアームシリンダ 18、バケット 15 をバケットリンク 16 a, 16 b を含むリンク機構を介して駆動するバケットシリンダ 19 などから構成されている。

【0016】

上部旋回体 11 は、下部走行体 12 に回転可能に支持されており、旋回モータ（図示せず）によって下部走行体 12 に対して相対的に回転駆動される。ブーム 13 は、一端が上部旋回体 11 に回転可能に支持されており、ブームシリンダ 17 の伸縮に応じて上部旋回体 11 に対して相対的に回転駆動される。アーム 14 は、一端がブーム 13 の他端に回転可能に支持されており、アームシリンダ 18 の伸縮に応じてブーム 13 に対して相対的に回転駆動される。

10

【0017】

バケット 15 は、アーム 14 の他端に回転可能に支持されており、第 1 バケットリンク 16 a は、一端がアーム 14 に回転可能に支持されており、第 2 バケットリンク 16 b は、一端がバケット 15 に回転可能に支持され、他端が第 1 バケットリンク 16 a の他端に回転可能に支持されている。第 1 バケットリンク 16 a は、バケットシリンダ 19 の伸縮に応じてアーム 14 に対して相対的に回転駆動される。バケット 15 は、第 1 バケットリンク 16 a と連動して駆動される第 2 バケットリンク 16 b により、アーム 14 に対して相対的に回転駆動される。このような構成である油圧ショベル 1 はブームシリンダ 17、アームシリンダ 18、バケットシリンダ 19 を適切な位置に駆動することにより、バケット 15 を任意の位置、姿勢に駆動し、所望の作業を行うことができる。

20

【0018】

油圧ショベル 1 は、ブーム 13、アーム 14、バケットリンク 16 a にそれぞれブーム傾斜センサ 21、アーム傾斜センサ 22、バケット傾斜センサ 23 が設置されている。本実施形態では、傾斜センサ 21 ~ 23 は 2 軸又は 3 軸の加速度を測定し、重力方向に対する傾斜角度を検出するものとして説明する。油圧ショベル 1 は上部旋回体 11 に設置された車体傾斜センサ 24 を持ち、車体の左右方向の傾斜角度 θ_r （ロール角度）と前後方向の傾斜角度 θ_p （ピッチ角度）を検出可能な構成となっている。

【0019】

各傾斜センサ 21 ~ 24 の信号は、上部旋回体 11 に設置された演算装置 25 に送られ、演算装置 25 内でバケット先端位置 P_6 やバケット角度 θ_{bk} を演算する。演算されたバケット先端位置 P_6 やバケット角度 θ_{bk} は、運転席内のモニタ 26 に表示することでガイダンス機能として運転者へ提供したり、作業機構の動作を制御するためのフィードバック情報として用いられる。

30

【0020】

以下、各傾斜センサ信号からバケット先端位置 P_6 とバケット角度 θ_{bk} を演算する方法について図 1 を用いて説明する。まず、演算に必要な各点 $P_0 \sim P_5$ を定義する。

【0021】

点 P_0 は、上部旋回体 11 とブーム 13 との回転対偶部の回転軸上にあり、上部旋回体 11、ブーム 13 又は両者の回転対偶部に挿入されたピン（図示せず）のいずれかの構造物の右端とする。点 P_1 は、ブーム 13 とアーム 14 との回転対偶部の回転軸上にあり、ブーム 13、アーム 14 又は両者の回転対偶部に挿入されたピン（図示せず）のいずれかの構造物の右端とする。

40

【0022】

点 P_2 は、アーム 14 とバケットリンク 16 a との回転対偶部の回転軸上にあり、アーム 14、バケットリンク 16 a 又は両者の回転対偶部に挿入されたピン（図示せず）のいずれかの構造物の右端とする。

【0023】

点 P_3 は、バケットリンク 16 a とバケットシリンダ 19 との回転対偶部の回転軸上にあり、バケットリンク 16 a、バケットシリンダ 19 又は両者の回転対偶部に挿入されたピン（図示せず）のいずれかの構造物の右端とする。

50

【 0 0 2 4 】

点 P_4 は、アーム 1 4 とバケット 1 5 との回転対偶部の回転軸上にあり、アーム 1 4、バケット 1 5 又は両者の回転対偶部に挿入されたピン（図示せず）のいずれかの構造物の右端とする。

【 0 0 2 5 】

点 P_5 は、バケット 1 5 とバケットリンク 1 6 a との間に挿入されるバケットリンク 1 6 b と、バケット 1 5 との回転対偶部の回転軸上にあり、バケット 1 5、バケットリンク 1 6 b 又は両者の回転対偶部に挿入されたピン（図示せず）のいずれかの構造物の右端とする。

【 0 0 2 6 】

点 P_6 は、バケット 1 5 の先端且つバケット 1 5 の右端とする。本実施形態では、バケット先端位置 P_6 は、点 P_0 に原点をもち、上部旋回体 1 1 の前方向に X 軸 (X_B)、左方向に Y 軸 (Y_B)、上方向に Z 軸 (Z_B) を持つ車体座標系 B で表すものとする。

【 0 0 2 7 】

点 $P_1 \sim P_6$ を $X_B Z_B$ 平面に投影した点を $P_1' \sim P_6'$ とし、線分 $P_0 P_1'$ の長さを L_{bm} 、線分 $P_1' P_4'$ の長さを L_{am} 、線分 $P_4' P_6'$ の長さを L_{bk} 、線分 $P_1' P_2'$ の長さを L_{p2} 、線分 $P_2' P_3'$ の長さを L_{bk1} とし、線分 $P_1' P_4'$ に対して線分 $P_1' P_2'$ の成す角度をリンクオフセット角度 θ_{p2} とする。また、水平面と上部旋回体 1 1 との Y_B 軸回りの角度を車体ピッチ角度 θ_p （図示せず）、水平面と線分 $P_0 P_1'$ の成す角度をブーム角度 θ_{bm} 、水平面と線分 $P_1' P_4'$ の成す角度をアーム角度 θ_{am} 、水平面と線分 $P_2' P_3'$ の成す角度をバケットリンク角度 θ_{bk1} 、水平面と線分 $P_4' P_6'$ の成す角度をバケット角度 θ_{bk} とすると、 $X_B Z_B$ 平面に投影したバケット先端位置 P_6' は下記の式で表される。

【 0 0 2 8 】

【 数 1 】

$$P_{6'x}^B = L_{bm} \cos(\theta_{bm} - \theta_p) + L_{am} \cos(\theta_{am} - \theta_p) + L_{bk} \cos(\theta_{bk} - \theta_p)$$

$$P_{6'z}^B = L_{bm} \sin(\theta_{bm} - \theta_p) + L_{am} \sin(\theta_{am} - \theta_p) + L_{bk} \sin(\theta_{bk} - \theta_p)$$

【 0 0 2 9 】

ここで、 $P_{6'x}^B$ 、 $P_{6'z}^B$ はそれぞれ座標系 B におけるバケット先端位置 P_6 の X_B 軸方向距離 (X_B 座標)、 Z_B 軸方向距離 (Z_B 座標) を示す。車体ピッチ角度 θ_p は車体傾斜センサ 2 4 によって検出される。ブーム角度 θ_{bm} はブーム傾斜センサ 2 1、アーム角度 θ_{am} はアーム傾斜センサ 2 2、バケット角度 θ_{bk} はバケット傾斜センサ 2 3 によって得られるバケットリンク角度 θ_{bk1} とアーム角度 θ_{am} から求めることができる。

【 0 0 3 0 】

各傾斜センサ 2 1 ~ 2 3 からの各角度の求め方を図 2 ~ 図 4 を用いて説明する。

【 0 0 3 1 】

図 2 はブーム傾斜センサ 2 1 の出力からブーム角度 θ_{bm} を求める方法を模式的に示した図である。ブーム傾斜センサ 2 1 は内部に少なくとも 2 軸の方向の加速度を検出する加速度センサを持っており、ブーム傾斜センサ 2 1 に固定され座標系 B の Y 軸と平行な Y 軸を持つ座標系を S_1 とすると、 S_1 の X 軸 (X_{s1}) と Z 軸 (Z_{s1}) の 2 軸方向の加速度を検出できる。ブーム傾斜センサ 2 1 の X_{s1} 軸方向の加速度検出値を a_{x1} 、 Z_{s1} 軸方向の加速度検出値を a_{z1} とすると、ブーム傾斜センサ 2 1 の水平方向に対する傾斜角度 θ_{s1} は、

【 数 2 】

$$\theta_{s1} = \tan^{-1} \frac{a_{x1}}{a_{z1}}$$

10

20

30

40

50

で求めることができる。ここで、 X_{s1} 軸と線分 $P_0 P_1'$ との成す角、つまりブーム 13 に対するブーム傾斜センサ 21 の取付角度を θ_{m1} とすると、ブーム角度 θ_{bm} は、

【数 3】

$$\theta_{bm} = \theta_{s1} - \theta_{m1}$$

で求めることができる。なお、本実施の形態では右側面から見て時計回りの回転を正方向としている。

【0032】

図 3 はアーム傾斜センサ 22 の出力からアーム角度 θ_{am} を求める方法を模式的に示した図である。アーム傾斜センサ 22 もブーム傾斜センサ 21 と同様に内部に少なくとも 2 軸の方向の加速度を検出する加速度センサを持っており、アーム傾斜センサ 22 に固定され座標系 B の Y 軸と平行な Y 軸を持つ座標系を S_2 とすると、 S_2 の X 軸 (X_{s2}) と Z 軸 (Z_{s2}) の 2 軸方向の加速度を検出できる。アーム傾斜センサ 22 の X_{s2} 軸方向の加速度検出値を a_{x2} 、 Z_{s2} 軸方向の加速度検出値を a_{z2} とすると、アーム傾斜センサ 22 の水平方向に対する傾斜角度 θ_{s2} は、

10

【数 4】

$$\theta_{s2} = \tan^{-1} \frac{a_{x2}}{a_{z2}}$$

で求めることができる。ここで、 X_{s2} 軸と線分 $P_1' P_4'$ との成す角、つまりアーム 14 に対するアーム傾斜センサ 22 の取付角度を θ_{m2} とすると、アーム角度 θ_{am} は、

20

【数 5】

$$\theta_{am} = \theta_{s2} - \theta_{m2}$$

で求めることができる。

【0033】

図 4 はバケット傾斜センサ 23 の出力とアーム角度 θ_{am} からバケット角度 θ_{bk} を求める方法を模式的に示した図である。バケット傾斜センサ 23 もブーム傾斜センサ 21 やアーム傾斜センサ 22 と同様に内部に少なくとも 2 軸の方向の加速度を検出する加速度センサを持っており、バケット傾斜センサ 23 に固定され座標系 B の Y 軸と平行な Y 軸を持つ座標系を S_3 とすると、座標系 S_3 の X 軸 (X_{s3}) と Z 軸 (Z_{s3}) の 2 軸方向の加速度を検出できる。バケット傾斜センサ 23 の X_{s3} 軸方向の加速度検出値を a_{x3} 、 Z_{s3} 軸方向の加速度検出値を a_{z3} とすると、バケット傾斜センサ 23 の水平方向に対する傾斜角度 θ_{s3} は、

30

【数 6】

$$\theta_{s3} = \tan^{-1} \frac{a_{x3}}{a_{z3}}$$

で求めることができる。ここで、 X_{s3} 軸と線分 $P_2' P_3'$ との成す角、つまりバケットリンク 16 a に対するバケット傾斜センサ 23 の取付角度を θ_{m3} とすると、バケットリンク角度 θ_{bkl} は、

40

【数 7】

$$\theta_{bkl} = \theta_{s3} - \theta_{m3}$$

で求めることができる。バケット角度 θ_{bk} は、上述の通り求めたアーム角度 θ_{am} とバケットリンク角度 θ_{bkl} から求めることができ、その関数を f とすると、

【数 8】

$$\theta_{bk} = f(\theta_{am}, \theta_{bkl})$$

で求めることができる。なお、関数 f は、バケット 15 を駆動するリンク機構の各寸法 (

50

線分 $P_2'P_3'$ 、線分 $P_2'P_4'$ 、線分 $P_3'P_5'$ 、線分 $P_4'P_5'$ の各長さ及びリンクオフセット角度 ρ_2) に基づいて決定される。

【0034】

これまでの説明の通り、各傾斜センサの検出値からバケット先端位置 P_6 やバケット角度を演算することができ、これらの演算は、演算装置 25 内で行われる。ただし、ブーム傾斜センサ 21、アーム傾斜センサ 22、バケット傾斜センサ 23 の取付角度 m_1 、 m_2 、 m_3 と、作業機構の各部寸法 L_{bm} 、 L_{am} 、 L_{bk} は事前に把握しておかなければならない。各部寸法は設計情報から参照することができるが、取付角度は実際の車体毎に高精度に校正しなければならない。本発明は、この取付角度 m_1 、 m_2 、 m_3 を高精度且つ容易に校正する方法を提供するものである。

10

【0035】

なお、本実施形態では、車体傾斜センサ 24 は上部旋回体 11 に対して取付角度がゼロとなるように取付けられているとし、車体ピッチ角度 ρ 及び車体ロール角度 r は車体傾斜センサ 24 の検出値から直接得られるものとするが、車体傾斜センサに関しては、取付角度がバケット先端位置 P_6 の演算に影響するほどの大きさであれば、 180° 旋回した時のセンサの検出値から取付角度を校正するなどの広く世の中で用いられている方法を活用すればよい。

【0036】

図 5 ~ 図 7 を用いて、本実施形態における本発明の内容である油圧ショベルの傾斜センサ校正方法を説明する。

20

【0037】

図 5 は校正方法を示す油圧ショベル 1 と外部計測装置 3 の斜視図である。外部計測装置 3 は例えばトータルステーションのような三次元空間上の任意の点の位置を計測可能なものである。外部計測装置 3 に固定の座標系を A とし、座標系 A の Z 軸 (Z_A) が重力方向に対して平行となるように外部計測装置 3 は設置される。つまり、座標系 A の X 軸 (X_A) と Y 軸 (Y_A) を含む平面は水平面と等しくなる。本発明の校正方法は、油圧ショベル 1 の 4 つの点 P_0 、 P_1 、 P_2 、 P_3 の三次元位置を外部計測装置 3 により計測し、得られた三次元位置から各傾斜センサ 21 ~ 23 の取付角度 m_1 、 m_2 、 m_3 を求めるものである。

【0038】

30

図 6 は油圧ショベル 1 の右側面、上面、正面を示す三面図であり、図 7 は図 6 の油圧ショベル 1 のリンク構造のみを模式的に示した三面図である。油圧ショベル 1 は、これらの図に示す通り X_B 軸回りにロール角度 r 傾いているとする。この場合、 $X_A Y_A$ 平面と Y_B 軸との成す角が r となる。また、点 P_0 と点 P_1 の Y_B 軸方向距離を L_{bmy} 、点 P_1 と点 P_2 の Y_B 軸方向距離を $L_{p2y'}$ 、点 P_2 と点 P_3 の Y_B 軸方向距離を L_{bky} とする。外部計測装置 3 によって計測される三次元位置は、座標系 A での三次元座標となる。つまり、外部計測装置 3 によって計測される点 P_0 の位置は、 X_A 軸方向に P_{0x}^A 、 Y_A 軸方向に P_{0y}^A 、 Z_A 軸方向に P_{0z}^A となる。点 $P_1 \sim P_6$ も同様である。

【0039】

40

各傾斜センサの取付角度 m_1 、 m_2 、 m_3 は、ブーム角度 b_m 、アーム角度 a_m 、バケットリンク角度 b_{k1} 、及びその時の各傾斜センサ 21 ~ 23 の出力から得られる傾斜角度 s_1 、 s_2 、 s_3 を基に、算出することができる。ブーム角度 b_m 、アーム角度 a_m 及びバケットリンク角度 b_{k1} は、外部計測装置 3 で計測された各点 P_0 、 P_1 、 P_2 、 P_3 の三次元位置を基に、以下の式を用いて求めることができる。

【0040】

【数 9】

$$\theta_{bm} = \sin^{-1} \frac{P_{0z}^A - P_{1z}^A + L_{bmy} \sin \theta_r}{L_{bm} \cos \theta_r}$$

$$\theta_{am} = \sin^{-1} \frac{P_{1z}^A - P_{2z}^A + L_{p2y} \sin \theta_r}{L_{p2} \cos \theta_r} + \theta_{p2}$$

$$\theta_{bkl} = \sin^{-1} \frac{P_{2z}^A - P_{3z}^A + L_{bky} \sin \theta_r}{L_{bkl} \cos \theta_r}$$

10

【0041】

この時の各傾斜センサ 21 ~ 23 の傾斜角度 s_1 , s_2 , s_3 を各傾斜センサ 21 ~ 23 の検出値から求めることにより、以下の式で各センサの取付角度 m_1 , m_2 , m_3 を求めることができる。

【0042】

【数 10】

$$\theta_{m1} = \theta_{s1} - \theta_{bm}$$

$$\theta_{m2} = \theta_{s2} - \theta_{am}$$

$$\theta_{m3} = \theta_{s3} - \theta_{bkl}$$

20

【0043】

上記によって各傾斜センサ 21 ~ 23 の取付角度 m_1 , m_2 , m_3 を得ることができ、このパラメータと傾斜センサ 21 ~ 23 の検出値 s_1 , s_2 , s_3 からこれまでの説明の通りバケット先端位置 $P_{6,x}^B$, $P_{6,z}^B$ を求めることができる。

【0044】

以上の説明からわかる通り、本実施形態の油圧ショベルの傾斜センサ較正方法は、作業機構の 3 つの稼動部（ブーム 13、アーム 14、バケットリンク 16a）の回転対偶部の三次元位置を、外部計測装置 3 により計測する第 1 ステップと、第 1 ステップで得られた回転対偶部の三次元位置、及び作業機構の各部の寸法情報を基に、各稼動部の傾斜角度を演算する第 2 ステップと、各傾斜センサ 21 ~ 23 から得られた検出値 s_1 , s_2 , s_3 、及び第 2 ステップで得られた各稼動部の傾斜角度 θ_{bm} , θ_{am} , θ_{bkl} を基に、各傾斜センサ 21 ~ 23 の較正パラメータである取付角度 m_1 , m_2 , m_3 を演算する第 3 ステップとから成る。

30

【0045】

具体的には、油圧ショベル 1 を任意の姿勢に静止させ、外部計測装置 3 によって 4 つの点 P_1 , P_1 , P_2 , P_3 の三次元位置を計測する。その後、モニタ 26 を介して演算装置 25 へ較正パラメータ演算ステップの開始を指示し、計測によって得られた複数の三次元位置をモニタ 26 を介して演算装置 25 へ入力する。或いは、外部計測装置 3 とモニタ 26 もしくは演算装置 25 が、図示しない有線または無線通信装置により接続されており、外部計測装置 3 の計測によって得られた複数の三次元位置が通信により演算装置 25 へ送られる。演算装置 25 では、各傾斜センサ 20 ~ 23 の検出値から車体ロール角度 θ_r と各傾斜センサ 21 ~ 23 の傾斜角度 s_1 , s_2 , s_3 を取得し、入力された複数の三次元位置と車体ロール角度 θ_r から作業機構の各稼動部の傾斜角度 θ_{bm} , θ_{am} , θ_{bkl} を演算し、これらの演算結果と各傾斜センサ 21 ~ 23 の傾斜角度 s_1 , s_2 , s_3 から各傾斜センサ 21 ~ 23 の取付角度 m_1 , m_2 , m_3 を演算し、較正パラメータとして保存する。以降のバケット先端位置 P_6 の演算には、保存された較正パラメータを用いる。

40

【0046】

50

較正パラメータとしての取付角度 m_1 , m_2 , m_3 の演算精度を確保するためには、外部計測装置 3 により、油圧ショベル 1 の作業機構の各回転対偶部の中心をできるだけ正確に計測する必要がある。一方、多くの油圧ショベル 1 では、外観からわかる回転対偶部は正確に中心を示す何らかの目印等があるわけではない。そのため、本実施形態では、図 8 に示す通り回転対偶部の中心を示す目印として、マーカ 4 を設けている。なお、図 8 ではバケット 15 付近のみ図示しているが、ブーム 13 やアーム 14 の回転対偶部に設けるマーカに関しても同様である。

【 0 0 4 7 】

トータルステーション等の外部計測装置 3 はレーザ光を目標位置に照射し、距離や角度を計測する。このため、マーカ等の目印があれば、何も無い場合に比べて精度良くレーザ光を目的の場所に照射することができ、得られる三次元位置の計測結果の精度が向上する。また、マーカ 4 の代わりにレーザ光を入射方向に反射するプリズム 5 (コーナキューブ) 等を用いれば、レーザ光による計測の精度が向上する。このため、図 9 に示す通りプリズム 5 を治具 6 を用いて回転対偶部に取付けてもよい。図 9 では、作業機構の回転対偶部に挿入されたピン 27 と、そのピン 27 に取付けるプリズム 5 と治具 6 を示している。この場合、作業機構の各回転対偶部にテーパ穴 28 を設け、治具はそのテーパ穴 28 に嵌合する円すい部 61 とマグネット 62 を備えることで、各回転対偶部の回転軸上に容易かつ精度良くプリズム 5 を取付けることができる。なお、マーカ 4 やプリズム取付治具 6 の構成は本実施形態に示すものに限るものではなく、同等の機能を有していればよいことは言うまでもない。

10

20

【 0 0 4 8 】

本実施形態の油圧ショベルの較正方法は、次のような特徴を持つ。まず、油圧ショベル 1 の作業機構を動かす必要が無いため、狭い空間での較正作業が可能である。また、基準姿勢に位置合わせする必要もなく、最低 4 回の外部計測装置 3 による計測を行うのみでよい。このため、これまでの方法に比べて大幅に較正作業の時間を短縮することができる。加えて、車体や作業機構を動かすオペレータを必要としないため、外部計測装置 3 を用いる作業者 1 名のみで容易に較正作業を実施できる。

【 実施例 2 】

【 0 0 4 9 】

本発明の第 2 の実施形態における較正方法について、第 1 の実施形態との相違点を中心に説明する。

30

【 0 0 5 0 】

本実施形態における油圧ショベル 1 では、第 1 バケットリンク 16 a に代えてバケット 15 にバケット傾斜センサ 23 を設置し (図 8 中点線で示す)、点 P_0 , P_1 , P_2 , P_3 に代えて点 P_0 , P_1 , P_4 , P_6 の三次元位置を計測する。

【 0 0 5 1 】

本実施形態においても、第 1 の実施形態と同様に、各傾斜センサ 21 ~ 23 の取付角度 m_1 , m_2 , m_3 を較正することができる。但し、本実施形態で各傾斜センサ 21 ~ 23 の取付角度 m_1 , m_2 , m_3 を演算する際に使用する式は、以下のようになる。ただし、 L_{bky} は点 P_4 と点 P_6 の Y_B 軸方向距離である。

40

【 0 0 5 2 】

【数 1 1】

$$\theta_{bm} = \sin^{-1} \frac{P_{0z}^A - P_{1z}^A + L_{bmy} \sin \theta_r}{L_{bm} \cos \theta_r}$$

$$\theta_{am} = \sin^{-1} \frac{P_{1z}^A - P_{4z}^A + L_{amy} \sin \theta_r}{L_{am} \cos \theta_r}$$

$$\theta_{bk} = \sin^{-1} \frac{P_{4z}^A - P_{6z}^A + L_{bky} \sin \theta_r}{L_{bk} \cos \theta_r}$$

10

【0053】

【数 1 2】

$$\theta_{m1} = \theta_{s1} - \theta_{bm}$$

$$\theta_{m2} = \theta_{s2} - \theta_{am}$$

$$\theta_{m3} = \theta_{s3} - \theta_{bk}$$

【0054】

本実施形態によれば、傾斜センサ 2 3 をバケット 1 5 に直接設置し、点 P₃ に代えてバケット先端位置 P₆ の三次元位置を計測することにより、バケット 1 5 を駆動するリンク機構の寸法情報（第 1 の実施形態における関数 f）を用いずに傾斜センサ 2 3 の取付角度 θ_{m3} が求められるため、バケット傾斜センサ 2 3 の較正精度を向上させることが可能となる。

20

【0055】

また、第 1 バケットリンク 1 6 a の基端側の回転軸上にある点 P₂ に代えてアーム 1 4 の先端側の回転軸上にある点 P₄ の三次元位置を計測することにより、リンクオフセット角度 θ_{p2} を用いずにアーム傾斜角度 θ_{am} を求めることができるため、アーム傾斜センサ 2 2 の較正精度を向上させることが可能となる。

【実施例 3】

30

【0056】

図 1 0 を用いて本発明の第 3 の実施形態を説明する。本実施形態が第 1 の実施形態と異なる点は、4 つのマーカ又はプリズムを取付治具を介して設置した点のみであり、それ以外の構成は同様であるため、重複する部分は説明を省略する。

【0057】

本実施形態の特徴は、4 つのマーカ又はプリズム（4 つの点 P₀ , P₁ , P₂ , P₃）が X_B Z_B 平面（又はブーム 1 3 の回動平面）と平行な同一平面上に配置されるように構成した点にある。このように構成するために、本実施形態では上部旋回体 1 1 とブーム 1 3 との回転対偶部の回転軸上、ブーム 1 3 とアーム 1 4 との回転対偶部の回転軸上、アーム 1 4 とバケットリンク 1 6 a との回転対偶部の回転軸上、バケットリンク 1 6 a とバケットシリンダ 1 9 との回転対偶部の回転軸上のそれぞれに、取付治具 6 a , 6 b , 6 c , 6 d を介してマーカ又はプリズムを設置している。

40

【0058】

取付治具 6 a の Y_B 軸上の長さを L_x とすると、取付治具 6 b の Y_B 軸上の長さは L_x + L_{bmy}、取付治具 6 c の Y_B 軸上の長さは L_x + L_{p2y}、取付治具 6 d の Y_B 軸上の長さは L_x + L_{bkl1y} となる。このように構成することにより、作業機構の点 P₀ に対する点 P₁ , P₂ , P₃ の Y_B 軸方向のオフセット L_{bmy} , L_{p2y} , L_{bkl1y} が全て 0 となるため、計算が容易になるだけでなく、外部計測装置 3 での計測値である各部の三次元位置から寸法値 L_{bm} , L_{p2} , L_{bkl1} も下記の式にて得られる。

【0059】

50

【数 1 3】

$$L_{bm} = \sqrt{(P_{lx}^A - P_{0x}^A)^2 + (P_{ly}^A - P_{0y}^A)^2 + (P_{lz}^A - P_{0z}^A)^2}$$

$$L_{p2} = \sqrt{(P_{2x}^A - P_{lx}^A)^2 + (P_{2y}^A - P_{ly}^A)^2 + (P_{2z}^A - P_{lz}^A)^2}$$

$$L_{bkl} = \sqrt{(P_{3x}^A - P_{2x}^A)^2 + (P_{3y}^A - P_{2y}^A)^2 + (P_{3z}^A - P_{2z}^A)^2}$$

【0060】

ブーム角度 θ_{bm} 、アーム角度 θ_{am} 、バケットリンク角度 θ_{bkl} は次式によって得られる。 10

【0061】

【数 1 4】

$$\theta_{bm} = \sin^{-1} \frac{P_{0z}^A - P_{lz}^A}{\sqrt{(P_{lx}^A - P_{0x}^A)^2 + (P_{ly}^A - P_{0y}^A)^2 + (P_{lz}^A - P_{0z}^A)^2} \cos \theta_r}$$

$$\theta_{am} = \sin^{-1} \frac{P_{lz}^A - P_{2z}^A}{\sqrt{(P_{2x}^A - P_{lx}^A)^2 + (P_{2y}^A - P_{ly}^A)^2 + (P_{2z}^A - P_{lz}^A)^2} \cos \theta_r} + \theta_{p2}$$

20

$$\theta_{bkl} = \sin^{-1} \frac{P_{2z}^A - P_{3z}^A}{\sqrt{(P_{3x}^A - P_{2x}^A)^2 + (P_{3y}^A - P_{2y}^A)^2 + (P_{3z}^A - P_{2z}^A)^2} \cos \theta_r}$$

【0062】

上記の演算結果を基に、第 1 の実施形態で説明した方法により各傾斜センサ 2 1 ~ 2 3 の較正が可能となる。

【0063】

本実施形態によれば、4 つの点 P_0 、 P_1 、 P_2 、 P_3 の三次元位置から実機の作業機構の各部寸法 L_{bm} 、 L_{p2} 、 L_{bkl} が得られるため、製造誤差等の影響が考慮されたより精度の高い較正が可能となる。また、較正の際に得られた実機の作業機構の各部寸法 L_{bm} 、 L_{bkl} の値を保持しておき、以降のバケット先端位置 P_6 の演算にも使用することにより、バケット先端位置 P_6 の演算精度を向上させることも可能となる。 30

【0064】

以上、本発明の実施の形態について詳述したが、本発明は、上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は、本発明を分かり易く説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成の一部を加えることも可能であり、ある実施形態の構成の一部を削除し、あるいは、他の実施形態の一部と置き換えることも可能である。 40

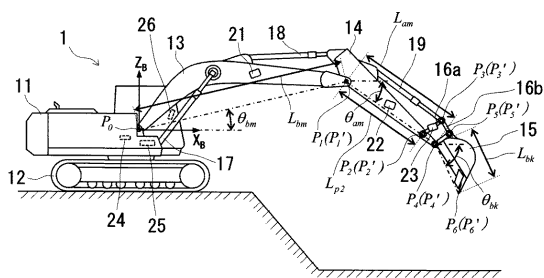
【符号の説明】

【0065】

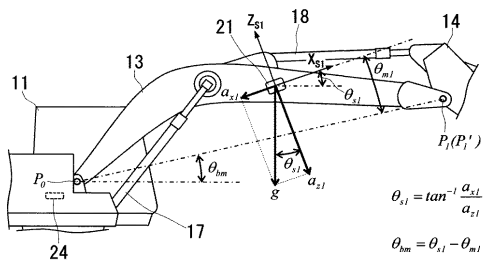
1 ... 油圧シヨベル（建設機械）、1 1 ... 上部旋回体（車体）、1 2 ... 下部走行体、1 3 ... ブーム（第 1 稼動部）、1 4 ... アーム（第 2 稼動部）、1 5 ... バケット（第 3 稼動部（本体部））、1 6 a ... 第 1 バケットリンク（第 3 稼動部（第 1 連結部））、1 6 b ... 第 2 バケットリンク（第 3 稼動部（第 2 連結部））、1 7 ... ブームシリンダ、1 8 ... アームシリンダ、1 9 ... バケットシリンダ、2 1 ... ブーム傾斜センサ（第 1 角度検出部）、2 2 ... アーム傾斜センサ（第 2 角度検出部）、2 3 ... バケット傾斜センサ（第 3 角度検出部）、2 4 ... 車体傾斜センサ、2 5 ... 演算装置、2 6 ... モニタ、2 7 ... ピン、2 8 ... テーパー穴、3 ... 外部計測装置、4 ... マーカ、5 ... プリズム、6 ... 治具、6 1 ... 円すい部、6 2 ... マグ 50

ネット。

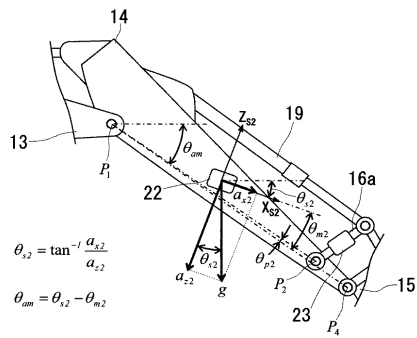
【 図 1 】



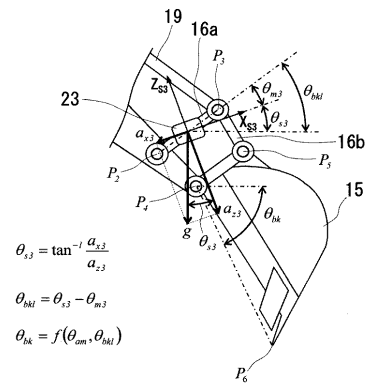
【 図 2 】



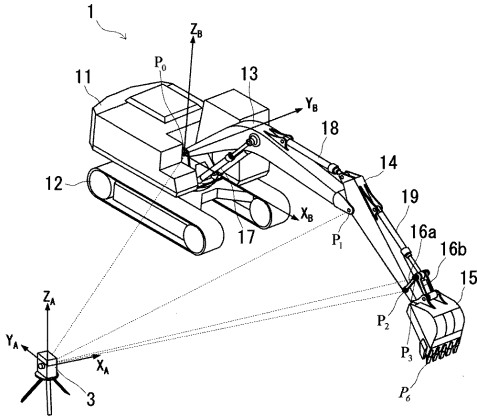
【 図 3 】



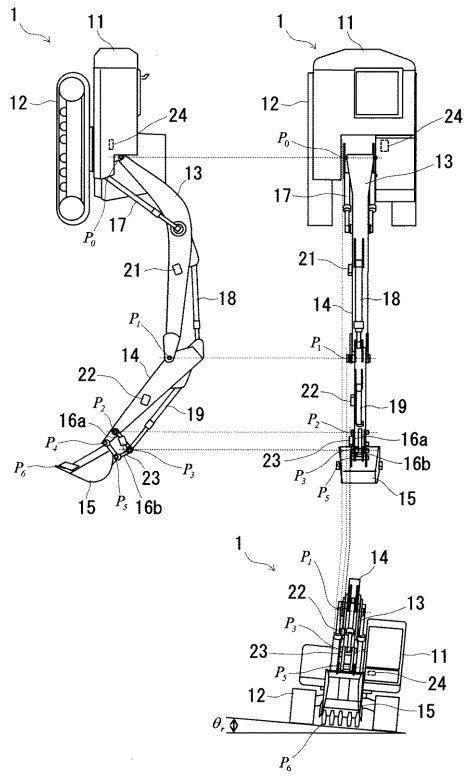
【 図 4 】



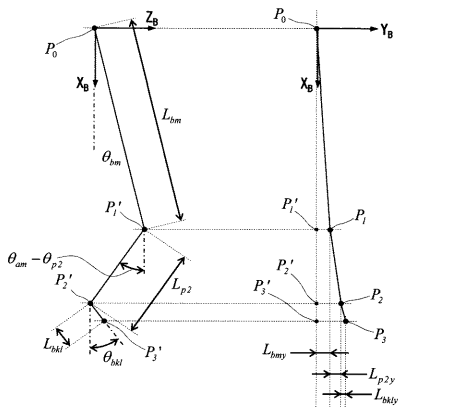
【 図 5 】



【 図 6 】



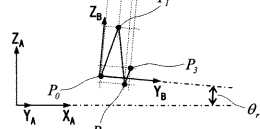
【 図 7 】



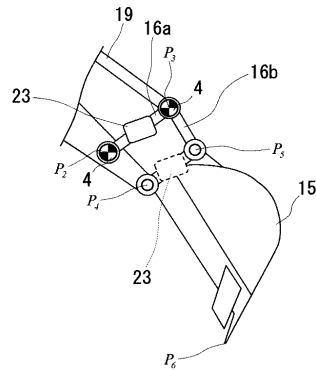
$$\theta_{bm} = \sin^{-1} \frac{P_0^A - P_{1z}^A + L_{bm} \sin \theta_r}{L_{bm} \cos \theta_r}$$

$$\theta_{am} = \sin^{-1} \frac{P_{1z}^A - P_{2z}^A + L_{p2} \sin \theta_r + \theta_{p2}}{L_{p2} \cos \theta_r}$$

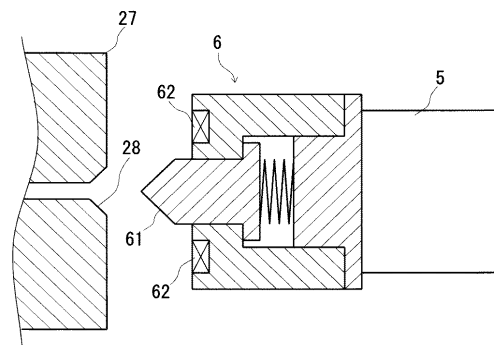
$$\theta_{bli} = \sin^{-1} \frac{P_{2z}^A - P_{3z}^A + L_{bly} \sin \theta_r}{L_{bly} \cos \theta_r}$$



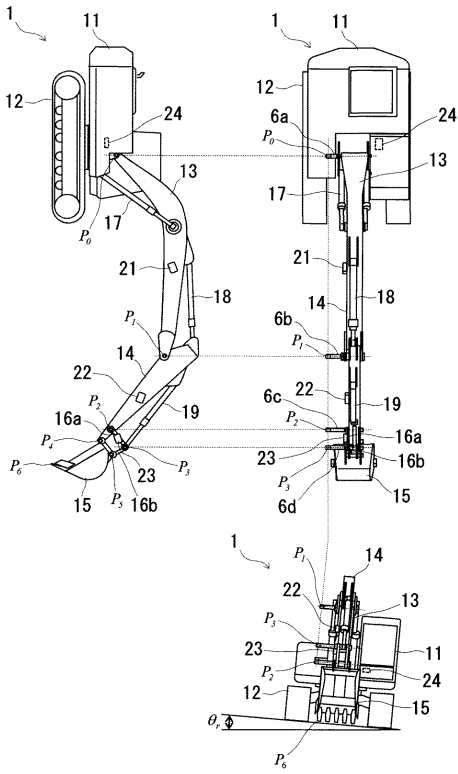
【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 枝村 学
茨城県土浦市神立町6 5 0番地 日立建機株式会社 土浦工場内

(72)発明者 坂本 博史
茨城県土浦市神立町6 5 0番地 日立建機株式会社 土浦工場内

(72)発明者 釣賀 靖貴
茨城県土浦市神立町6 5 0番地 日立建機株式会社 土浦工場内

Fターム(参考) 2D015 HA03 HB05
2F069 AA72 AA78 AA83 BB01 BB21 DD12 FF00 GG04 GG07 GG12
GG45 GG65 GG71 HH09 HH15 HH30 NN15