

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6289534号
(P6289534)

(45) 発行日 平成30年3月7日 (2018.3.7)

(24) 登録日 平成30年2月16日 (2018.2.16)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 C 15/00 (2006.01)	GO 1 C 15/00 1 O 2 C
EO 2 F 9/20 (2006.01)	EO 2 F 9/20 N
GO 1 S 19/14 (2010.01)	GO 1 C 15/00 1 O 4 D
GO 1 S 19/23 (2010.01)	GO 1 S 19/14
GO 1 S 19/47 (2010.01)	GO 1 S 19/23

請求項の数 7 (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2016-94201 (P2016-94201)	(73) 特許権者	000001236
(22) 出願日	平成28年5月9日 (2016.5.9)		株式会社小松製作所
(62) 分割の表示	特願2015-528784 (P2015-528784) の分割		東京都港区赤坂二丁目3番6号
原出願日	平成27年5月29日 (2015.5.29)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(65) 公開番号	特開2016-224038 (P2016-224038A)	(72) 発明者	上 義樹
(43) 公開日	平成28年12月28日 (2016.12.28)		神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 開発本部内
審査請求日	平成28年11月14日 (2016.11.14)	(72) 発明者	金光 保雄
			神奈川県平塚市四之宮3-25-1 株式会社小松製作所 開発本部内
		審査官	眞岩 久恵

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 作業機械の制御システム及び作業機械

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

走行装置、作業具を有する作業機、及び前記作業機が取り付けられ、かつ前記走行装置の上に搭載されて旋回する上部旋回体を備える作業機械を制御するシステムであって、

前記作業機械の位置を検出する位置検出装置と、

前記上部旋回体に取り付けられて、前記上部旋回体の動作を示す動作情報を検出する状態検出装置と、

前記位置検出装置による測位が異常かつ前記作業機械が、前記作業機械が走行していない静定状態である場合には、前記状態検出装置によって検出された前記動作情報及び前記位置検出装置による測位が異常となる前における前記作業機械の基準となる位置であって、前記旋回体の回転中心軸と前記走行装置が接地する面に相当する面との交点である特定点の両方を用いて求められた、前記作業機械の位置に関連する位置情報を出力する位置情報生成部と、

前記位置情報生成部から得られる前記位置情報に基づき前記作業機の位置を求める目標値生成部と、

を含む、作業機械の制御システム。

【請求項2】

前記位置情報生成部は、

前記作業機械の動作を検出するための機器及び前記作業機械の位置を求めるための機器の少なくとも一方に関する異常があった場合、前記位置情報を出力しない、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 3】

前記位置情報生成部は、前記位置検出装置による測位が正常になった場合は、前記位置検出装置によって検出された位置の情報を前記作業機械の位置に関連する位置情報として出力する、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 4】

前記動作情報及び前記特定点の両方を用いて求められた前記位置情報を出力している場合に前記作業機械が走行した場合を条件として前記位置情報を出力しない、

請求項 3 に記載の作業機械の制御システム。

10

【請求項 5】

前記位置情報生成部は、

前記特定点及び前記動作情報の両方を用いて求めた位置の情報を前記位置情報として出力中に、前記動作情報及び前記特定点の両方を用いて求められた前記位置情報を出力した時間が閾値を超えた場合を条件として、前記位置情報を出力しない、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 6】

前記位置情報生成部は、

前記動作情報及び前記特定点の両方を用いて求められた前記位置情報を出力中に、前記旋回体が同一方向に特定角度よりも大きく旋回した場合を条件として、前記作業機械の位置を出力しない、

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

20

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の作業機械の制御システムを備える、作業機械。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業機を備えた作業機械に用いられる作業機械の制御システム及び作業機械に関する。

30

【背景技術】

【0002】

GPS (Global Positioning System) 等を利用して作業機械の 3 次元位置を測位し、得られた作業機械の位置情報を用いて作業機械を管理したり、作業機械による施工状態を管理したり、作業機械を制御したりする技術が知られている。特許文献 1 には、作業機械の 3 次元位置の計測精度に変化が生じた場合でもモニタポイントの位置を正確に計測する技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

40

【特許文献 1】特開 2004 - 125580 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

作業機械の位置を測位する機器を備える作業機械としては、その機器が検出した作業機械の位置の情報をを用いて、作業機械の運転室内に設置された表示装置に作業のガイダンス画面を表示させたり、作業機の動作を制御したりするものがある。このような作業機械による施工は、情報化施工と呼ばれるが、作業機械は、何らかの理由によって自身の位置を測位できなくなった場合、測位をバックアップする機能を有することが好ましく、測位をバックアップする機能があれば情報化施工を的確に継続することができる。

50

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 に記載された技術は、3 次元位置計測手段による計測精度が低下した場合には、ヨー角計測手段によって計測されたヨー角に基づいてモニタポイントの位置演算を補正する。しかし、ヨー角計測手段の動作不良又は通信不良等によってヨー角の正しい値が得られなかったり、作業機械が走行したりすると、ヨー角計測手段の計測値に基づいて補正をしても、演算結果を補正して得られた位置と実際の位置とが異なる可能性がある。演算結果を補正した位置と実際の位置とが異なる場合、補正した位置に基づいて作業機械の動作を制御すると、作業機は、的確に制御されない可能性がある。

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 に記載された技術は、油圧ショベルの座標系の原点を、旋回中心と旋回ベースのフレームとの交点としている。さらに、特許文献 1 に記載された技術は、GPS が正常でない場合、ロール角及びピッチ角の少なくとも一方の変化に対して両方の GPS アンテナの精度が変動するが、この変動に対する補正について、特許文献 1 には記載も示唆もない。このため、特許文献 1 に記載された技術は、GPS が正常でない場合、作業機は、的確に制御されない可能性がある。

10

【 0 0 0 7 】

本発明は、作業機械の位置を測位した結果に基づいて情報化施工を行う作業機械について、情報化施工が行われている際に作業機を的確に継続して制御すること及び作業のガイダンス画面に適正な情報を表示することのうち少なくとも 1 つを実現できる作業機械の制御システムおよび作業機械を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明は、作業具を有する作業機及び走行装置を備える作業機械を制御するシステムであって、前記作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業機械の動作を示す動作情報検出する状態検出装置と、前記位置検出装置によって検出された位置の情報を前記作業機械の位置に関連する位置情報として出力する第 1 のモードと、前記位置検出装置による測位が異常となる前における前記作業機械の基準となる特定点及び前記状態検出装置によって検出された前記動作情報の両方を用いて求めた位置の情報を前記位置情報として出力する第 2 のモードと、前記位置情報を出力しない第 3 のモードと、のいずれか 1 つで動作し、前記位置検出装置による測位が正常である場合は前記第 1 のモードで、前記位置検出装置による測位が異常かつ前記作業機械が静定状態である場合には前記第 2 のモードで、前記位置検出装置による測位が異常かつ前記作業機械が非静定状態である場合には前記第 3 のモードで動作する位置情報生成部と、前記位置情報生成部から得られる前記位置情報に基づき前記作業機の位置を求める目標値生成部と、を含む、作業機械の制御システムである。

30

【 0 0 0 9 】

前記位置情報生成部は、前記第 2 のモードで動作中に、前記作業機械の動作を検出する機器及び前記作業機械の位置を求める機器の少なくとも一方に関する異常があった場合、前記第 3 のモードで動作することが好ましい。

【 0 0 1 0 】

40

前記作業機械は、前記作業機が取り付けられ、かつ前記走行装置に取り付けられて、前記走行装置の上に搭載されて旋回する旋回体を備え、前記特定点は、前記位置検出装置による測位が異常となる前における、前記旋回体の回転中心軸と前記走行装置が接地する面に対応する面との交点であり、位置情報生成部は、さらに、前記第 2 のモードで動作中に前記位置検出装置による測位が正常になった場合は前記第 1 のモードで、前記第 2 のモードで動作中に前記作業機械が走行した場合を条件として前記第 3 のモードで動作することが好ましい。

【 0 0 1 1 】

前記位置情報生成部は、前記条件に代えて、前記作業機械の動作を検出する機器及び前記作業機械の位置を求める機器の少なくとも一方に関する異常があった場合を条件として

50

、前記第3のモードで動作することが好ましい。

【0012】

本発明は、走行装置、作業具を有する作業機、前記作業機が取り付けられ、かつ前記走行装置の上に搭載されて旋回する旋回体を備える作業機械を制御するシステムであって、前記作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業機械の動作を検出し、検出した動作を示す動作情報を検出する状態検出装置と、前記位置検出装置によって検出された位置の情報を前記作業機械の位置に関連する位置情報として出力する第1のモードと、前記位置検出装置による測位が異常となる前における前記作業機械の基準となる特定点及び前記状態検出装置によって検出された前記動作情報の両方を用いて求めた位置の情報を前記位置情報として出力する第2のモードと、前記位置情報を出力しない第3のモードと、のいずれか1つで動作し、前記第2のモードで動作中に前記位置検出装置による測位が正常になった場合は前記第1のモードで、前記第2のモードで動作中に前記作業機械が非静定状態となった場合を条件として前記第3のモードで動作する位置情報生成部と、前記位置情報生成部から得られる前記位置情報に基づき前記作業機の位置を求める目標値生成部と、を含む、作業機械の制御システムである。

10

【0013】

前記位置情報生成部は、前記旋回体の旋回中、前記第2のモードで動作中に前記位置検出装置による測位が正常になった場合は、少なくとも前記旋回体の旋回が終了するまで前記第2のモードでの動作を継続することが好ましい。

【0014】

20

前記位置情報生成部は、前記条件に代えて、前記第2のモードで動作中、前記作業機械の動作を検出する機器及び前記作業機械の位置を求める機器の少なくとも一方に関する異常があった場合を条件として、前記第3のモードで動作することが好ましい。

【0015】

前記位置情報生成部は、前記条件に代えて、前記第2のモードで動作した時間が閾値を超えた場合を条件として、前記第3のモードで動作することが好ましい。

【0016】

前記位置情報生成部は、前記条件に代えて、前記第2のモードで動作中、前記旋回体が同一方向に特定角度よりも大きく旋回した場合を条件として、前記作業機械の位置を出力しないことが好ましい。

30

【0017】

本発明は、走行装置、作業具を有する作業機、前記作業機が取り付けられ、かつ前記走行装置の上に搭載されて旋回する旋回体を備える作業機械を制御するシステムであって、前記作業機械の位置を検出する位置検出装置と、前記作業機械の動作を検出し、検出した動作を示す動作情報を検出する状態検出装置と、前記位置検出装置によって検出された位置の情報を前記作業機械の位置に関連する位置情報として出力する第1のモードと、前記位置検出装置による測位が異常となる前における前記作業機械の基準となる位置であって、前記旋回体の回転中心軸と前記走行装置が接地する面に相当する面との交点である特定点及び前記状態検出装置によって検出された前記動作情報の両方を用いて求めた位置の情報を前記位置情報として出力する第2のモードと、前記位置情報を出力しない第3のモードと、のいずれか1つを、前記位置検出装置による測位の状態及び前記作業機械の状態を用いて選択して動作する位置情報生成部と、前記位置情報生成部から得られる前記位置情報に基づき前記作業機の位置を求める目標値生成部と、を含む、作業機械の制御システムである。

40

【0018】

前記位置情報生成部は、前記作業機械が静定状態かつ前記位置検出装置による測位が正常である場合には前記第1のモードで動作し、かつ前記特定点を求め、前記作業機械が非静定状態又は前記位置検出装置による測位が異常になった場合に、前記特定点を用いて前記第2のモードで動作することが好ましい。

【0019】

50

前記位置情報生成部は、前記旋回体を操作する操作装置がＯＮである場合、又は前記走行装置を操作する操作装置がＯＮである場合、又は前記旋回体が旋回する速度が閾値以上である状態が第１時間継続した場合、前記非静定状態であると判定し、前記旋回体を操作する操作装置がＯＦＦであって、かつ前記走行装置を操作する操作装置がＯＦＦであり、さらに前記旋回体が旋回する速度が閾値未満である状態が第２時間継続した場合、前記静定状態であると判定することが好ましい。

【００２０】

本発明は、前述した作業機械の制御システムを備える、作業機械である。

【００２１】

本発明は、作業機械の位置を測位した結果に基づいて情報化施工を行う作業機械について、情報化施工が行われている際に作業機を的確に継続して制御すること及び作業のガイダンス画面に適正な情報を表示することのうち少なくとも１つを実現できる作業機械の制御システムおよび作業機械を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】図１は、実施形態に係る作業機械の斜視図である。

【図２】図２は、油圧ショベルの制御システム及び油圧システムの構成を示すブロック図である。

【図３】図３は、油圧ショベルの側面図である。

【図４】図４は、油圧ショベルの背面図である。

20

【図５】図５は、実施形態に係る制御システムの制御ブロック図である。

【図６】図６は、油圧ショベルの姿勢を示す平面図である。

【図７】図７は、油圧ショベルの姿勢を示す平面図である。

【図８】図８は、実施形態に係る制御システムが位置情報を生成する処理の一例を示すフローチャートである。

【図９】図９は、センサコントローラが動作するモードの遷移を示す図である。

【図１０】図１０は、第３のモードに遷移する条件を説明するための図である。

【図１１】図１１は、第３のモードに遷移する条件を説明するための図である。

【図１２】図１２は、上部旋回体の旋回時においてセンサコントローラが実行する処理のタイミングチャートである。

30

【発明を実施するための形態】

【００２３】

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。

【００２４】

< 作業機械の全体構成 >

図１は、実施形態に係る作業機械の斜視図である。図２は、油圧ショベル１００の制御システム２００及び油圧システム３００の構成を示すブロック図である。作業機械としての油圧ショベル１００は、本体部としての車両本体１と作業機２とを有する。車両本体１は、旋回体である上部旋回体３と走行体としての走行装置５とを有する。上部旋回体３は、機械室３ＥＧの内部に、動力発生装置であるエンジン及び油圧ポンプ等の装置を収容している。

40

【００２５】

実施形態において、油圧ショベル１００は、動力発生装置であるエンジンに、例えばディーゼルエンジン等の内燃機関が用いられるが、動力発生装置は内燃機関に限定されない。油圧ショベル１００の動力発生装置は、例えば、内燃機関と発電電動機と蓄電装置とを組み合わせた、いわゆるハイブリッド方式の装置であってもよい。また、油圧ショベル１００の動力発生装置は、内燃機関を有さず、蓄電装置と発電電動機とを組み合わせた装置であってもよい。

【００２６】

上部旋回体３は、運転室４を有する。運転室４は、上部旋回体３の他端側に設置されて

50

いる。すなわち、運転室 4 は、機械室 3 E G が配置されている側とは反対側に設置されている。運転室 4 内には、図 2 に示す、表示部 2 9 及び操作装置 2 5 が配置される。上部旋回体 3 の上方には、手すり 9 が取り付けられている。

【 0 0 2 7 】

走行装置 5 の上には、上部旋回体 3 が搭載されている。走行装置 5 は、履帯 5 a、5 b を有している。走行装置 5 は、左右に設けられた油圧モータ 5 c の一方又は両方によって駆動される。走行装置 5 の履帯 5 a、5 b が回転することにより、油圧ショベル 1 0 0 を走行させる。作業機 2 は、上部旋回体 3 の運転室 4 の側方側に取り付けられている。

【 0 0 2 8 】

油圧ショベル 1 0 0 は、履帯 5 a、5 b の代わりにタイヤを備え、エンジンの駆動力を、トランスミッションを介してタイヤへ伝達して走行が可能な走行装置を備えたものであってもよい。このような形態の油圧ショベル 1 0 0 としては、例えば、ホイール式油圧ショベルがある。

【 0 0 2 9 】

上部旋回体 3 は、作業機 2 及び運転室 4 が配置されている側が前であり、機械室 3 E G が配置されている側が後である。上部旋回体 3 の前後方向が x 方向である。前に向かって左側が上部旋回体 3 の左であり、前に向かって右側が上部旋回体 3 の右である。上部旋回体 3 の左右方向は、幅方向又は y 方向ともいう。油圧ショベル 1 0 0 又は車両本体 1 は、上部旋回体 3 を基準として走行装置 5 側が下であり、走行装置 5 を基準として上部旋回体 3 側が上である。上部旋回体 3 の上下方向が z 方向である。油圧ショベル 1 0 0 が水平面に設置されている場合、下は鉛直方向、すなわち重力の作用方向側であり、上は鉛直方向とは反対側である。

【 0 0 3 0 】

作業機 2 は、ブーム 6 とアーム 7 と作業具であるバケット 8 とブームシリンダ 1 0 とアームシリンダ 1 1 とバケットシリンダ 1 2 とを有する。ブーム 6 の基端部は、ブームピン 1 3 を介して車両本体 1 の前部に回動可能に取り付けられている。アーム 7 の基端部は、アームピン 1 4 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。アーム 7 の先端部には、バケットピン 1 5 を介してバケット 8 が取り付けられている。バケット 8 は、バケットピン 1 5 を中心として回動する。バケット 8 は、バケットピン 1 5 とは反対側に複数の刃 8 B が取り付けられている。刃先 8 T は、刃 8 B の先端である。

【 0 0 3 1 】

バケット 8 は、複数の刃 8 B を有していなくてもよい。つまり、図 1 に示すような刃 8 B を有しておらず、刃先が鋼板によってストレート形状に形成されたようなバケットであってもよい。作業機 2 は、例えば、単数の刃を有するチルトバケットを備えていてもよい。チルトバケットとは、バケットチルトシリンダを備え、バケットが左右にチルト傾斜することで油圧ショベル 1 0 0 が傾斜地にあっても、斜面、平地を自由な形に成形したり、整地したりすることができ、底板プレートによる転圧作業もできるバケットである。この他にも、作業機 2 は、バケット 8 の代わりに、法面バケット又は削岩用のチップを備えた削岩用のアタッチメント等を作業具として備えていてもよい。

【 0 0 3 2 】

図 1 に示すブームシリンダ 1 0 とアームシリンダ 1 1 とバケットシリンダ 1 2 とは、それぞれ作動油の圧力によって駆動される油圧シリンダである。以下において、作動油の圧力を、適宜油圧と称する。ブームシリンダ 1 0 はブーム 6 を駆動して、昇降させる。アームシリンダ 1 1 は、アーム 7 を駆動して、アームピン 1 4 の周りを回動させる。バケットシリンダ 1 2 は、バケット 8 を駆動して、バケットピン 1 5 の周りを回動させる。

【 0 0 3 3 】

ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1 及びバケットシリンダ 1 2 等の油圧シリンダと図 2 に示される油圧ポンプ 3 6、3 7 との間には、図 2 に示される方向制御弁 6 4 が設けられている。方向制御弁 6 4 は、油圧ポンプ 3 6、3 7 からブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1 及びバケットシリンダ 1 2 等に供給される作動油の流量を制御するととも

10

20

30

40

50

に、作動油が流れる方向を切り替える。方向制御弁 6 4 は、油圧モータ 5 c を駆動するための走行用方向制御弁と、ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1 及びバケットシリンダ 1 2 並びに上部旋回体 3 を旋回させる旋回モータ 3 8 を制御するための作業機用方向制御弁とを含む。

【 0 0 3 4 】

操作装置 2 5 から供給される、所定のパイロット圧力に調整された作動油が方向制御弁 6 4 のスプールを動作させると、方向制御弁 6 4 から流出する作動油の流量が調整されて、油圧ポンプ 3 6、3 7 からブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、バケットシリンダ 1 2、旋回モータ 3 8 又は油圧モータ 5 c に供給される作動油の流量が制御される。その結果、ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1 及びバケットシリンダ 1 2 等の動作が

10

【 0 0 3 5 】

また、図 2 に示される作業機コントローラ 2 6 が、図 2 に示される制御弁 2 7 を制御することにより、操作装置 2 5 から方向制御弁 6 4 に供給される作動油のパイロット圧が制御されるので、方向制御弁 6 4 からブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、バケットシリンダ 1 2 又は旋回モータ 3 8 に供給される作動油の流量が制御される。その結果、作業機コントローラ 2 6 は、ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、バケットシリンダ 1 2 及び上部旋回体 3 の動作を制御することができる。

【 0 0 3 6 】

上部旋回体 3 の上部には、アンテナ 2 1、2 2 が取り付けられている。アンテナ 2 1、2 2 は、油圧ショベル 1 0 0 の現在位置を検出するために用いられる。アンテナ 2 1、2 2 は、図 2 に示されるグローバル座標演算装置 2 3 と電氣的に接続されている。グローバル座標演算装置 2 3 は、油圧ショベル 1 0 0 の位置を検出する位置検出装置である。グローバル座標演算装置 2 3 は、R T K - G N S S (Real Time Kinematic - Global Navigation Satellite Systems、G N S S は全地球航法衛星システムをいう)を利用して油圧ショベル 1 0 0 の現在位置を検出する。以下の説明において、アンテナ 2 1、2 2 を、適宜 G N S S アンテナ 2 1、2 2 と称する。G N S S アンテナ 2 1、2 2 が受信した G N S S 電波に応じた信号は、グローバル座標演算装置 2 3 に入力される。グローバル座標演算装置 2 3 は、グローバル座標系における G N S S アンテナ 2 1、2 2 の設置位置を求める。全地球航法衛星システムの一例としては、G P S (Global Positioning System) が挙げられるが、全地球航法衛星システムは、これに限定されるものではない。

20

30

【 0 0 3 7 】

G N S S アンテナ 2 1、2 2 は、図 1 に示すように、上部旋回体 3 の上であって、油圧ショベル 1 0 0 の左右方向、すなわち幅方向に離れた両端位置に設置されることが好ましい。実施形態において、G N S S アンテナ 2 1、2 2 は、上部旋回体 3 の幅方向両側にそれぞれ取り付けられた手すり 9 に取り付けられる。G N S S アンテナ 2 1、2 2 が上部旋回体 3 に取り付けられる位置は手すり 9 に限定されるものではないが、G N S S アンテナ 2 1、2 2 は、可能な限り離れた位置に設置される方が、油圧ショベル 1 0 0 の現在位置の検出精度は向上するので好ましい。また、G N S S アンテナ 2 1、2 2 は、オペレータの視界を極力妨げない位置に設置されることが好ましい。したがって、例えば、G N S S

40

【 0 0 3 8 】

図 2 に示すように、油圧ショベル 1 0 0 の油圧システム 3 0 0 は、エンジン 3 5 と、油圧ポンプ 3 6、3 7 とを備える。油圧ポンプ 3 6、3 7 は、エンジン 3 5 によって駆動され、作動油を吐出する。油圧ポンプ 3 6、3 7 から吐出された作動油は、ブームシリンダ 1 0 とアームシリンダ 1 1 とバケットシリンダ 1 2 とに供給される。また、油圧ショベル 1 0 0 は、旋回モータ 3 8 を備える。旋回モータ 3 8 は、油圧モータであり、油圧ポンプ 3 6、3 7 から吐出された作動油によって駆動される。旋回モータ 3 8 は、上部旋回体 3 を旋回させる。なお、図 2 では、2 つの油圧ポンプ 3 6、3 7 が図示されているが、油圧

50

ポンプは１つでもよい。旋回モータ３８は、油圧モータに限らず、電気モータであってもよい。

【００３９】

作業機械の制御システムである制御システム２００は、グローバル座標演算装置２３と、角速度及び加速度を検出する状態検出装置であるＩＭＵ（Inertial Measurement Unit：慣性計測装置）２４と、操作装置２５と、作業機制御部としての作業機コントローラ２６と、位置情報生成部としてのセンサコントローラ３９と、目標値生成部としての表示コントローラ２８と、表示部２９とを含む。操作装置２５は、図１に示す作業機２、上部旋回体３及び走行装置５の少なくとも１つを操作するための装置である。操作装置２５は、作業機２等を駆動させるためにオペレータによる操作を受け付けて、操作量に応じたパイロット油圧を出力する。

10

【００４０】

操作装置２５は、オペレータの左側に設置される左操作レバー２５Ｌと、オペレータの右側に配置される右操作レバー２５Ｒと、を有する。左操作レバー２５Ｌ及び右操作レバー２５Ｒは、前後左右の動作が２軸の動作に対応されている。例えば、右操作レバー２５Ｒの前後方向の操作は、ブーム６の操作に対応されている。右操作レバー２５Ｒの左右方向の操作は、バケット８の操作に対応されている。左操作レバー２５Ｌの前後方向の操作は、アーム７の操作に対応している。左操作レバー２５Ｌの左右方向の操作は、上部旋回体３の旋回に対応している。

20

【００４１】

実施形態において、操作装置２５は、パイロット油圧方式が用いられる。操作装置２５には、油圧ポンプ３６から、図示しない減圧弁によって所定のパイロット圧力に減圧された作動油がブーム操作、バケット操作、アーム操作、旋回操作及び走行操作に基づいて供給される。

【００４２】

右操作レバー２５Ｒの前後方向の操作に応じて、パイロット油路４５０へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによるブーム６の操作が受け付けられる。右操作レバー２５Ｒの操作量に応じて右操作レバー２５Ｒが備える弁装置が開き、パイロット油路４５０へ作動油が供給される。また、圧力センサ６６は、そのときのパイロット油路４５０内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ６６は、検出したパイロット圧を、ブーム操作信号ＭＢとして作業機コントローラ２６へ送信する。

30

【００４３】

操作装置２５とブームシリンダ１０との間のパイロット油路４５０には、圧力センサ６８、制御弁（以下、適宜介入弁と称する）２７Ｃ及びシャトル弁５１が設けられる。右操作レバー２５Ｒの左右方向の操作に応じて、パイロット油路４５０へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによるバケット８の操作が受け付けられる。右操作レバー２５Ｒの操作量に応じて右操作レバー２５Ｒが備える弁装置が開き、パイロット油路４５０に作動油が供給される。また、圧力センサ６６は、そのときのパイロット油路４５０内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ６６は、検出したパイロット圧を、バケット操作信号ＭＴとして作業機コントローラ２６へ送信する。

40

【００４４】

左操作レバー２５Ｌの前後方向の操作に応じて、パイロット油路４５０へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによるアーム７の操作が受け付けられる。左操作レバー２５Ｌの操作量に応じて左操作レバー２５Ｌが備える弁装置が開き、パイロット油路４５０へ作動油が供給される。また、圧力センサ６６は、そのときのパイロット油路４５０内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ６６は、検出したパイロット圧を、アーム操作信号ＭＡとして作業機コントローラ２６へ送信する。

【００４５】

左操作レバー２５Ｌの左右方向の操作に応じて、パイロット油路４５０へパイロット油圧が供給可能とされて、オペレータによる上部旋回体３の旋回操作が受け付けられる。左

50

操作レバー 2 5 L の操作量に応じて左操作レバー 2 5 L が備える弁装置が開き、パイロット油路 4 5 0 へ作動油が供給される。また、圧力センサ 6 6 は、そのときのパイロット油路 4 5 0 内における作動油の圧力をパイロット圧として検出する。圧力センサ 6 6 は、検出したパイロット圧を、旋回操作信号 M R として作業機コントローラ 2 6 へ送信する。

【 0 0 4 6 】

右操作レバー 2 5 R が操作されることにより、操作装置 2 5 は、右操作レバー 2 5 R の操作量に応じた大きさのパイロット油圧を方向制御弁 6 4 に供給する。左操作レバー 2 5 L が操作されることにより、操作装置 2 5 は、左操作レバー 2 5 L の操作量に応じた大きさのパイロット油圧を制御弁 2 7 に供給する。このパイロット油圧によって、方向制御弁 6 4 のスプールが移動する。

10

【 0 0 4 7 】

パイロット油路 4 5 0 には、制御弁 2 7 が設けられている。右操作レバー 2 5 R 及び左操作レバー 2 5 L の操作量は、パイロット油路 4 5 0 に設置される圧力センサ 6 6 によって検出される。圧力センサ 6 6 が検出したパイロット油圧は、作業機コントローラ 2 6 に入力される。作業機コントローラ 2 6 は、入力されたパイロット油圧に応じた、パイロット油路 4 5 0 の制御信号 N を制御弁 2 7 に出力して、パイロット油路 4 5 0 を開閉する。

【 0 0 4 8 】

操作装置 2 5 は、走行用レバー 2 5 F L、2 5 F R を有する。実施形態において、操作装置 2 5 は、パイロット油圧方式が用いられるので、油圧ポンプ 3 6 から、減圧された作動油が方向制御弁 6 4 に供給され、パイロット油路 4 5 0 内の作動油の圧力に基づき方向制御弁 6 4 のスプールが駆動される。すると、油圧ショベル 1 0 0 の走行装置 5 が備える油圧モータ 5 c、5 c に、油圧ポンプ 3 6、3 7 から作動油が供給され、走行可能となる。パイロット油路 4 5 0 内の作動油の圧力、すなわちパイロット圧は、圧力センサ 2 7 P C によって検出される。

20

【 0 0 4 9 】

油圧ショベル 1 0 0 のオペレータが走行装置 5 を動作させる場合、オペレータは走行用レバー 2 5 F L、2 5 F R を操作する。オペレータによる走行用レバー 2 5 F L、2 5 F R の操作量は圧力センサ 2 7 P C で検出されて、作業機コントローラ 2 6 へ操作信号 M D として出力される。

【 0 0 5 0 】

30

左操作レバー 2 5 L 及び右操作レバー 2 5 R の操作量が、例えば、ポテンショメータ及びホール I C 等によって検出され、作業機コントローラ 2 6 は、これらの検出値に基づいて方向制御弁 6 4 及び制御弁 2 7 を制御することによって、作業機 2 を制御してもよい。このように、左操作レバー 2 5 L 及び右操作レバー 2 5 R は、電気方式であってもよい。

【 0 0 5 1 】

制御システム 2 0 0 は、第 1 ストロークセンサ 1 6 と第 2 ストロークセンサ 1 7 と第 3 ストロークセンサ 1 8 とを有する。例えば、第 1 ストロークセンサ 1 6 はブームシリンダ 1 0 に、第 2 ストロークセンサ 1 7 はアームシリンダ 1 1 に、第 3 ストロークセンサ 1 8 はバケットシリンダ 1 2 に、それぞれ設けられる。第 1 ストロークセンサ 1 6 は、ブームシリンダ 1 0 の伸長に対応する変位量を検出して、センサコントローラ 3 9 に出力する。第 2 ストロークセンサ 1 7 は、アームシリンダ 1 1 の伸長に対応する変位量を検出して、センサコントローラ 3 9 に出力する。第 3 ストロークセンサ 1 8 は、バケットシリンダ 1 2 の伸長に対応する変位量を検出して、センサコントローラ 3 9 に出力する。

40

【 0 0 5 2 】

作業機コントローラ 2 6 は、C P U (Central Processing Unit) 等のプロセッサである処理部 2 6 P と、R A M (Random Access Memory) 及び R O M (Read Only Memory) 等の記憶装置である記憶部 2 6 M とを有する。作業機コントローラ 2 6 は、図 2 に示される圧力センサ 6 6 の検出値に基づいて、制御弁 2 7 及び介入弁 2 7 C を制御する。

【 0 0 5 3 】

図 2 に示される方向制御弁 6 4 は、例えば比例制御弁であり、操作装置 2 5 から供給さ

50

れる作動油によって制御される。方向制御弁 6 4 は、ブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、バケットシリンダ 1 2 及び旋回モータ 3 8 等の油圧アクチュエータと、油圧ポンプ 3 6、3 7 との間に配置される。方向制御弁 6 4 は、油圧ポンプ 3 6、3 7 からブームシリンダ 1 0、アームシリンダ 1 1、バケットシリンダ 1 2 及び旋回モータ 3 8 に供給される作動油の流量を制御する。

【 0 0 5 4 】

G N S S アンテナ 2 1 は、自身の位置を示す基準位置データ P 1 を測位衛星から受信する。G N S S アンテナ 2 2 は、自身の位置を示す基準位置データ P 2 を測位衛星から受信する。G N S S アンテナ 2 1、2 2 は、所定の周期で基準位置データ P 1、P 2 を受信する。基準位置データ P 1、P 2 は、G N S S アンテナが設置されている位置の情報である。G N S S アンテナ 2 1、2 2 で受信された G N S S 電波に応じた信号は、グローバル座標演算装置 2 3 に入力される。G N S S アンテナ 2 1、2 2 は、基準位置データ P 1、P 2 を受信する毎に、グローバル座標演算装置 2 3 に出力する。

10

【 0 0 5 5 】

グローバル座標演算装置 2 3 は、グローバル座標系で表される 2 つの基準位置データ P 1、P 2 (複数の基準位置データ) を取得する。グローバル座標演算装置 2 3 は、2 つの基準位置データ P 1、P 2 に基づいて、上部旋回体 3 の配置を示す旋回体配置データを生成する。実施形態において、旋回体配置データには、2 つの基準位置データ P 1、P 2 の少なくとも一方の基準位置データ P と、2 つの基準位置データ P 1、P 2 に基づいて生成された旋回体方位データ Q とが含まれる。これら 2 個の G N S S アンテナ 2 1、2 2 により G P S コンパスを構成し、旋回体方位データ Q を得るようにしてもよい。つまり、両方の G N S S アンテナ 2 1、2 2 の基準位置データは出力せず、2 つの G N S S アンテナの相対位置から方位角を算出し、その方位角を旋回体方位データ Q としてもよい。

20

【 0 0 5 6 】

実施形態において、旋回体方位データ Q は、G N S S アンテナ 2 1、2 2 が取得した基準位置データ P から決定される方位が、グローバル座標の基準方位 (例えば北) に対してなす角、すなわち方位角である。方位角は、油圧ショベル 1 0 0 のヨー角でもある。旋回体方位データ Q は、上部旋回体 3、すなわち作業機 2 が向いている方位を示している。

【 0 0 5 7 】

グローバル座標演算装置 2 3 は、C P U 等のプロセッサである処理部と、R A M 及び R O M 等の記憶装置である記憶部とを有する。グローバル座標演算装置 2 3 は、所定の周期で G N S S アンテナ 2 1、2 2 から 2 つの基準位置データ P 1、P 2 を取得する。グローバル座標演算装置 2 3 は、取得した 2 つの基準位置データ P 1、P 2 から、旋回体方位データ Q である油圧ショベル 1 0 0 の方位角、より具体的には上部旋回体 3 の方位角を求める。グローバル座標演算装置 2 3 は、2 つの基準位置データ P 1、P 2 を取得する毎に、旋回体配置データ、すなわち基準位置データ P と旋回体方位データ Q とを更新して、センサコントローラ 3 9 に出力する。

30

【 0 0 5 8 】

表示コントローラ 2 8 は、C P U 等のプロセッサである処理部 2 8 P と、R A M (Random Access Memory) 及び R O M 等の記憶装置である記憶部 2 8 M とを有する。表示コントローラ 2 8 は、表示部 2 9 に、例えば、後述するガイダンス画面等の画像を表示する他、センサコントローラ 3 9 から得られる油圧ショベル 1 0 0 の位置情報 I P L を用いて、バケット 8 の刃先 8 T の 3 次元位置である刃先位置を示すバケット刃先位置データ S を生成する。表示部 2 9 は、例えば、液晶表示装置等であるが、これに限定されるものではない。表示部 2 9 は、例えば入力部と表示部を一体化したタッチパネルを用いることができる。実施形態においては、表示部 2 9 に隣接して、スイッチ 2 9 S が設置されている。スイッチ 2 9 S は、後述する掘削制御を実行させたり、実行中の掘削制御を停止させたりするための入力装置である。表示部 2 9 にタッチパネルを用いる場合、スイッチ 2 9 S はタッチパネルの入力部に組み込まれてもよい。

40

【 0 0 5 9 】

50

表示コントローラ 28 は、作業機 2 が掘削する対象の目標施工面の画像と、バケット刃先位置データ S を用いて生成したバケット 8 の画像とをガイダンス画面として表示部 29 に表示させることができる。表示コントローラ 28 は、ガイダンス画面により、目標施工面とバケット 8 との位置関係を油圧ショベル 100 のオペレータに認識させ、情報化施工を行う際のオペレータの負担を軽減することができる。

【0060】

IMU 24 は、油圧ショベル 100 の動作を示す動作情報 MI を検出する状態検出装置である。油圧ショベル 100 の動作は、上部旋回体 3 の動作及び走行装置 5 の動作の少なくとも一方を含む。実施形態において、動作情報 MI は、油圧ショベル 100 の姿勢を示す情報を含んでいてもよい。油圧ショベル 100 の姿勢を示す情報は、油圧ショベル 100 のロール角、ピッチ角及び方位角が例示される。

10

【0061】

実施形態において、IMU 24 は、油圧ショベル 100 の角速度及び加速度を検出する。油圧ショベル 100 の動作にともない、油圧ショベル 100 には、走行時に発生する加速度、旋回時に発生する角加速度及び重力加速度といった様々な加速度が生じるが、IMU 24 は少なくとも重力加速度を含む加速度を検出し、各加速度の種類を区別することなく検出した加速度を出力する。ここで、重力加速度は、重力に対する抗力に対応した加速度である。IMU 24 は、図 1 に示されるローカル座標系 (x、y、z) において、x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向の加速度と、x 軸、y 軸及び z 軸周りの角速度 (回転角速度) とを検出する。これらが動作情報 MI となる。ローカル座標系とは、油圧ショベル 100 を基準とした、(x、y、z) で示される 3 次元座標系である。

20

【0062】

IMU 24 が検出する動作情報 MI には、上部旋回体 3 の回転中心軸となる z 軸を中心として上部旋回体 3 が旋回する回転角速度、すなわち旋回角速度が含まれる。旋回角速度は、GNSS アンテナ 21、22 の位置を示す情報から取得された上部旋回体 3 の旋回角度を時間で微分することにより求められてもよい。旋回角速度を時間で積分することにより、旋回角度を求めることができる。

【0063】

IMU 24 は、上部旋回体 3 に取り付けられている。IMU 24 は、より高い精度で加速度等を検出するために、例えば、油圧ショベル 100 の上部旋回体 3 の旋回中心軸上に設けられることが望ましいが、IMU 24 は運転室 4 の下部に設置されてもよい。

30

【0064】

センサコントローラ 39 は、CPU (Central Processing Unit) 等のプロセッサである処理部 39P と、RAM (Random Access Memory) 及び ROM (Read Only Memory) 等の記憶装置である記憶部 39M とを有する。センサコントローラ 39 には、グローバル座標演算装置 23 の検出値、IMU 24 の検出値、圧力センサ 27PC、66、68 の検出値、第 1 ストロークセンサ 16 の検出値、第 2 ストロークセンサ 17 の検出値及び第 3 ストロークセンサ 18 の検出値が入力される。センサコントローラ 39 は、グローバル座標演算装置 23 の検出値及び IMU 24 の検出値から、油圧ショベル 100 の位置に関連する位置情報 IPL を求めて表示コントローラ 28 及び作業機コントローラ 26 に出力する。

40

【0065】

図 3 は、油圧ショベル 100 の側面図である。図 4 は、油圧ショベル 100 の背面図である。車両本体 1 の左右方向、すなわち幅方向に対する傾斜角 4 は油圧ショベル 100 のロール角であり、車両本体 1 の前後方向に対する傾斜角 5 は油圧ショベル 100 のピッチ角であり、z 軸周りにおける上部旋回体 3 の角度は油圧ショベル 100 の方位角である。ロール角は IMU 24 によって検出された x 軸周りの角速度を時間で積分することにより、ピッチ角は IMU 24 によって検出された y 軸周りの角速度を時間で積分することにより、方位角は IMU 24 によって検出された z 軸周りの角速度を時間で積分することにより求められる。z 軸周りの角速度は、油圧ショベル 100 の旋回角速度である。す

50

なわち、旋回角速度 を時間で積分することにより油圧シヨベル 100、より具体的には上部旋回体 3 の方位角が得られる。

【0066】

IMU24 は、所定の周期で油圧シヨベル 100 の加速度及び角速度を更新する。IMU24 の更新周期は、グローバル座標演算装置 23 における更新周期よりも短いことが好ましい。IMU24 が検出した加速度及び角速度は、動作情報 MI としてセンサコントローラ 39 又は作業機コントローラ 26 に出力される。センサコントローラ 39 は、IMU24 から取得した動作情報 MI にフィルタ処理及び積分といった処理を施して、ロール角である傾斜角 4、ピッチ角である傾斜角 5 及び方位角を求める。センサコントローラ 39 は、求めた傾斜角 4、傾斜角 5 及び方位角を、油圧シヨベル 100 の位置に関連する位置情報 IPL として、表示コントローラ 28 に出力する。

10

【0067】

表示コントローラ 28 は、グローバル座標演算装置 23 から基準位置データ P 及び旋回方位データ Q を取得する。旋回方位データ Q は、油圧シヨベル 100 の方位を示す情報であり、実施形態においては、上部旋回体 3 の方位を示す情報である。具体的には、旋回方位データ Q は、上部旋回体 3 の方位角である。実施形態において、表示コントローラ 28 は、作業機位置データとして、バケット刃先位置データ S を生成する。バケット刃先位置データ S は、センサコントローラ 39 又は作業機コントローラ 26 によって生成されてもよい。そして、表示コントローラ 28 は、バケット刃先位置データ S と、目標施工情報 T とを用いて、掘削対象の目標形状を示す目標掘削地形データ U を生成する。目標施工情報 T は、表示コントローラ 28 の記憶部 28M (目標施工情報格納部 28C) に記憶されている。目標施工情報 T は、油圧シヨベル 100 が備える作業機 2 の掘削対象の掘削後における仕上りの目標となる情報であり、設計データから得られる目標施工面の情報を含む。目標掘削地形データ U は、ローカル座標系において刃先 8T の現時点における刃先位置を通る垂線と、目標施工面との交点を掘削対象位置としたとき、掘削対象位置の前後における単数又は複数の変曲点の位置を示す情報とその前後の線の角度情報である。

20

【0068】

センサコントローラ 39 は、第 1 ストロークセンサ 16 が検出したブームシリンダ長から、ローカル座標系における水平面と直交する方向 (z 軸方向) に対するブーム 6 の傾斜角 1 (図 3 参照) を算出する。センサコントローラ 39 は、第 2 ストロークセンサ 17 が検出したアームシリンダ長から、ブーム 6 に対するアーム 7 の傾斜角 2 (図 3 参照) を算出する。センサコントローラ 39 は、第 3 ストロークセンサ 18 が検出したバケットシリンダ長から、アーム 7 に対するバケット 8 の傾斜角 3 を算出する。センサコントローラ 39 は、算出した傾斜角 1、2、3 を、作業機コントローラ 26 に出力する。また、IMU24 は、旋回角速度 を作業機コントローラ 26 に出力する。

30

【0069】

作業機コントローラ 26 は、前述したように、図 1 に示される z 軸を中心として上部旋回体 3 が旋回するときにおける上部旋回体 3 の旋回角速度 を、IMU24 から取得する。また、作業機コントローラ 26 は、圧力センサ 66 からブーム操作信号 MB、バケット操作信号 MT、アーム操作信号 MA 及び旋回操作信号 MR を取得する。さらに、作業機コントローラ 26 は、センサコントローラ 39 からブーム 6 の傾斜角 1、アーム 7 の傾斜角 2 及びバケット 8 の傾斜角 3 を取得する。

40

【0070】

作業機コントローラ 26 は、表示コントローラ 28 から、目標掘削地形データ U を取得する。作業機コントローラ 26 は、センサコントローラ 39 から取得した作業機 2 の角度 (1、2、3) からバケット 8 の刃先 8T の位置 (以下、適宜刃先位置と称する) を算出する。作業機コントローラ 26 の記憶部 26M は、作業機 2 のデータ (以下、適宜作業機データという) を記憶している。作業機データは、ブーム 6 の長さ L1、アーム 7 の長さ L2 及びバケット 8 の長さ L3 といった設計寸法を含む。図 3 に示されるように、ブーム 6 の長さ L1 は、ブームピン 13 からアームピン 14 までの長さに相当する。アーム

50

ム 7 の長さ L_2 は、アームピン 14 からバケットピン 15 までの長さに相当する。バケット 8 の長さ L_3 は、バケットピン 15 からバケット 8 の刃先 8 T までの長さに相当する。刃先 8 T は、図 1 に示す刃 8 B の先端である。また、作業機データは、ローカル座標系の原点位置 P_L に対するブームピン 13 までの位置の情報を含む。作業機コントローラ 26 は、長さ L_1 、 L_2 、 L_3 、傾斜角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 及び原点位置 P_L を用いて、原点位置 P_L に対する刃先位置を求めることができる。

【0071】

作業機コントローラ 26 は、目標掘削地形データ U に沿ってバケット 8 の刃先 8 T が移動するように、操作装置 25 から入力されたブーム操作信号 MB 、バケット操作信号 MT 及びアーム操作信号 MA を、目標掘削地形データ U とバケット 8 の刃先 8 T との距離及びバケット 8 の刃先 8 T の速度に基づき調整する。作業機コントローラ 26 は、目標掘削地形データ U に沿ってバケット 8 の刃先 8 T が移動するように作業機 2 を制御するための制御信号 N を生成して、図 2 に示される制御弁 27 に出力する。このような処理により、作業機 2 が目標掘削地形データ U に近づく速度は、目標掘削地形データ U に対する距離に応じて制限される。

【0072】

作業機コントローラ 26 からの制御信号 N に応じて、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 のそれぞれに対して 2 個ずつ設けられた制御弁 27 が開閉する。左操作レバー 25 L 又は右操作レバー 25 R の操作と制御弁 27 の開閉指令とに基づき、方向制御弁 64 のスプールが動作して、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 へ作動油が供給される。

【0073】

グローバル座標演算装置 23 は、グローバル座標系における GNS アンテナ 21、22 の基準位置データ P_1 、 P_2 を検出する。グローバル座標系は、油圧ショベル 100 の作業エリア GA に設置された基準となる、例えば基準杭 60 の基準位置 P_G を基準とした、 (X, Y, Z) で示される 3 次元座標系である。図 3 に示されるように、基準位置 P_G は、例えば、作業エリア GA に設置された基準杭 60 の先端 60 T に位置する。実施形態において、グローバル座標系とは、例えば、 GNS における座標系である。

【0074】

図 2 に示される表示コントローラ 28 は、グローバル座標演算装置 23 による検出結果に基づいて、グローバル座標系でのローカル座標系の位置を算出する。実施形態において、例えば、ローカル座標系の原点位置 P_L は、旋回体の回転中心軸である z 軸と走行装置 5 が接地する面に相当する面との交点である。実施形態において、原点位置 P_L の座標は、ローカル座標系において、 $(0, 0, 0)$ となる。走行装置 5 が接地する面は、履帯 5 a、5 b が接する作業エリア GA の表面 GD である。走行装置 5 が接地する面に相当する面は、作業エリア GA の表面 GD であってもよいし、履帯 5 a、5 b が接地する部分によって規定される平面 CP であってもよい。履帯 5 a、5 b が接地する部分によって規定される平面 CP は、ローカル座標系 (x, y, z) において、油圧ショベル 100 の設計寸法から一義的に決定される。

【0075】

原点位置 P_L は、 z 軸と平面 CP との交点に限定されるものではない。実施形態において、後述する疑似不動点の位置は、原点位置 P_L と一致していてもよいし、一致してなくてもよい。ローカル座標系の原点位置 P_L は、他の場所であってもよく、例えば、ブームピン 13 の軸方向の長さの中心点を原点位置 P_L としてもよい。原点位置 P_L は、 z 軸上、かつ上部旋回体 3 が回転するためのスイングサークル上に位置していてもよい。前述したように、作業機コントローラ 26 は、原点位置 P_L に対する刃先位置、すなわちローカル座標系での刃先位置を求めるので、グローバル座標系での原点位置 P_L の座標が得られれば、ローカル座標系での刃先位置の座標を、グローバル座標系での刃先位置の座標に変換することができる。

【0076】

作業機コントローラ 26 は、バケット 8 が目標掘削地形を侵食することを抑制するために、作業機 2 が掘削対象に接近する方向の速度が制限速度以下になるように制御する。この制御を、適宜掘削制御という。掘削制御は、表示コントローラ 28 から取得された目標掘削地形データ U とバケット刃先位置データ S とに基づいて、作業機 2 と掘削対象との相対位置を演算しながら作業機 2 が掘削対象に接近する方向の速度を制限速度以下になるようにする制御である。このような制御を実行することで、掘削対象を目標形状（目標施工情報 T が示す形状）に施工することができる。次に、制御システム 200 について、より詳細に説明する。

【0077】

< 制御システム 200 >

図 5 は、実施形態に係る制御システム 200 の制御ブロック図である。図 6 及び図 7 は、油圧ショベル 100 の姿勢を示す平面図である。実施形態において、制御システム 200 の作業機コントローラ 26 と、表示コントローラ 28 と、センサコントローラ 39 とは、信号線を介して互いに情報をやり取りすることができる。また、センサコントローラ 39 は、グローバル座標演算装置 23 から信号線を介して情報を取得することができる。制御システム 200 内で情報を伝達する信号線は、CAN (Controller Area Network) のような車内信号線が例示される。実施形態において、制御システム 200 は、作業機コントローラ 26 と、表示コントローラ 28 とが別個の装置であるが、両者は 1 つの装置で実現されてもよい。

【0078】

表示コントローラ 28 は、刃先位置算出部 28A と、目標掘削地形データ生成部 28B と、目標施工情報格納部 28C とを有する。刃先位置算出部 28A 及び目標掘削地形データ生成部 28B は、記憶部 28M に記憶されたコンピュータプログラムを処理部 28P が実行することにより実現される。目標施工情報格納部 28C は、記憶部 28M の記憶領域の一部によって実現される。

【0079】

刃先位置算出部 28A は、センサコントローラ 39 から取得する位置情報 IPL に基づいて、上部旋回体 3 の旋回中心軸となる z 軸を通る、油圧ショベル 100 の旋回中心の位置を示す旋回中心位置データ XR を生成する。刃先位置算出部 28A がセンサコントローラ 39 から取得する位置情報 IPL は、基準位置データ P1、P2 に基づく基準位置データ P1c、P2c 及び方位角 θ である。刃先位置算出部 28A は、旋回中心位置データ XR と作業機 2 の傾斜角 α 、 β 、 γ と、ブーム 6 の長さ L1、アーム 7 の長さ L2 及びバケット 8 の長さ L3 とに基づいて、バケット 8 の刃先 8T の現在位置を示すバケット刃先位置データ S を生成し、目標掘削地形データ生成部 28B に出力する。バケット刃先位置データ S は、作業機 2 の位置を示す情報である。実施形態において、作業機 2 の位置は、刃先位置、すなわちバケット 8 の刃先 8T の 3 次元位置に限定されるものではなく、作業機 2 の特定の部分の位置であればよい。例えば、作業機 2 の位置は、バケット 8 の尻の部分の位置であってもよいし、法面バケットの底の部分の位置であってもよいし、作業機 2 のアタッチメントを取り付ける部分の位置であってもよい。

【0080】

目標掘削地形データ生成部 28B は、目標施工情報格納部 28C に格納された目標施工情報 T と、刃先位置算出部 28A からのバケット刃先位置データ S と、を取得する。目標掘削地形データ生成部 28B は、ローカル座標系において刃先 8T の現時点における刃先位置を通る垂線と目標施工面との交点を掘削対象位置として設定する。目標掘削地形データ生成部 28B は、目標施工情報 T とバケット刃先位置データ S とに基づいて、目標掘削地形データ U を生成し、作業機コントローラ 26 に出力する。

【0081】

センサコントローラ 39 の処理部 39P は、姿勢角演算部 39A と、位置情報演算部 39B とを有する。姿勢角演算部 39A 及び位置情報演算部 39B は、記憶部 39M に記憶されたコンピュータプログラムを処理部 39P が実行することにより実現される。姿勢角

10

20

30

40

50

演算部 39A には、IMU 24 の検出値である加速度 a (a_x 、 a_y 、 a_z) 及び角速度 (\dot{x} 、 \dot{y} 、 \dot{z})、すなわち動作情報 MI と、グローバル座標演算装置 23 の検出値である旋回方位データ Q (方位角 d_a) とが入力される。また、処理部 39P の姿勢角演算部 39A 及び位置情報演算部 39B には、圧力センサ 66、27PC の検出値が入力される。

【0082】

グローバル座標演算装置 23 は、グローバル座標演算装置 23 が電波を受信できなくなった場合又はセンサコントローラ 39 との通信に不良が発生した場合にエラー情報 Err を生成し、センサコントローラ 39 の処理部 39P 及び表示コントローラ 28 の処理部 28P に出力する。つまり、グローバル座標演算装置 23 は、RTK-GNSS による測位に不具合が発生したか否かを判断する測位状態判断装置である。センサコントローラ 39 は、エラー情報 Err を取得すると、RTK-GNSS による測位をバックアップする処理を実行する。この処理については後述する。表示コントローラ 28 は、エラー情報 Err を取得すると、図 2 に示される表示部 29 に、RTK-GNSS による測位に異常が発生したことを表示する。

【0083】

姿勢角演算部 39A は、IMU 24 の検出値から、油圧ショベル 100 のロール角である傾斜角 4 と、油圧ショベル 100 のピッチ角である傾斜角 5 とを求めて、位置情報演算部 39B 及び表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に出力する。姿勢角演算部 39A は、IMU 24 が検出した z 軸周りの旋回角速度を積分して方位角 d_i を求める。姿勢角演算部 39A は、位置検出装置であるグローバル座標演算装置 23 の状態に応じて、自身が求めた方位角 d_i 又はグローバル座標演算装置 23 から取得した方位角 d_a を切り替えて、表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A 又は位置情報演算部 39B に方位角 d_c として出力する。つまり、RTK-GNSS による測位が正常である場合には、グローバル座標演算装置 23 から取得した方位角 d_a を用いてバケット刃先位置データ S が求められ、RTK-GNSS による測位が異常である場合には、IMU 24 が検出した z 軸周りの旋回角速度を積分して求めた方位角 d_i を用いてバケット刃先位置データ S が求められる。また、姿勢角演算部 39A から表示コントローラ 28 に送られる傾斜角 4、傾斜角 5 及び方位角 d_c は、油圧ショベル 100 の位置に関連する位置情報 IPL である。以下において、傾斜角 4 を適宜ロール角 4 と称し、傾斜角 5 を適宜ピッチ角 5 と称する。

【0084】

実施形態において、位置情報 IPL は、前述したように、作業機械である油圧ショベル 100 の位置に関連する情報である。位置情報 IPL には、油圧ショベル 100 の位置そのものの情報の他、油圧ショベル 100 の位置を求めるために必要な情報も含む。油圧ショベル 100 の位置そのものの情報は、基準位置データ P1、P2 及びバケット刃先位置データ S が例示され、油圧ショベル 100 の位置を求めるために必要な情報は、傾斜角 4、傾斜角 5 及び方位角 d (d_i 、 d_a 又は d_c) が例示される。

【0085】

位置情報演算部 39B は、グローバル座標演算装置 23 から取得した基準位置データ P1、P2 と、位置情報演算部 39B が求めた基準位置データ P1i、P2i とを切り替えて、表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に基準位置データ P1c、P2c として出力する。基準位置データ P1i、P2i は、グローバル座標演算装置 23 の状態が異常となる前における原点位置 PL 及び IMU 24 によって検出された動作情報 MI の両方を用いて位置情報演算部 39B が求めた位置の情報である。

【0086】

基準位置データ P1i、P2i は、次のようにして求められる。基準位置データ P1i、P2i は、IMU 24 の検出値である加速度 a (a_x 、 a_y 、 a_z) 及び角速度 (\dot{x} 、 \dot{y} 、 \dot{z}) から姿勢角演算部 39A が求めたロール角 4 及びピッチ角 5 と、姿勢角演算部 39A から出力される方位角 d_c とによって求められる。この方位角 d_c

は、グローバル座標演算装置 23 の状態が異常となる前に、姿勢角演算部 39A がグローバル座標演算装置 23 から取得した方位角 $d\alpha$ 又は方位角 $d\alpha$ に旋回角速度 の積分によって得られた方位角を加算した方位角である。

【0087】

センサコントローラ 39 は、油圧ショベル 100 の位置情報 I P L を表示コントローラ 28 に出力するにあたって、第 1 モードと、第 2 モードと、第 3 モードとの 3 モードのうち、いずれか 1 つのモードで動作する。第 1 のモードは、センサコントローラ 39 が、グローバル座標演算装置 23 によって検出された位置の情報を油圧ショベル 100 の位置情報 I P L として出力するモードである。第 2 のモードは、センサコントローラ 39 が、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常となる前における油圧ショベル 100 の原点位置 P L 及び I M U 24 によって検出された動作情報 M I の両方を用いて求めた位置の情報を位置情報 I P L として出力するモードである。第 3 のモードは、センサコントローラ 39 が、位置情報 I P L を出力しないモードである。姿勢角演算部 39A 及び位置情報演算部 39B、すなわち処理部 39P は、圧力センサ 66、27PC からの検出値に基づいて油圧ショベル 100 の静定状態を判定し、判定結果に基づいて第 1 のモード、第 2 のモード又は第 3 のモードのうちいずれか 1 つを実行する。

【0088】

センサコントローラ 39 は、グローバル座標演算装置 23 による測位が正常である場合は第 1 のモードで動作し、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常かつ油圧ショベル 100 が走行せずに停止している場合には第 2 のモードで動作し、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常かつ油圧ショベル 100 が走行している場合には第 3 のモードで動作する。第 2 のモードにおいて、油圧ショベル 100 が走行せず停止している場合とは、上部旋回体 3 が旋回して停止している状態と旋回せずに停止している状態との両方を含む。実施形態において、静定状態は、油圧ショベル 100 が走行せず、かつ上部旋回体 3 が旋回して停止している状態又は旋回せずに停止している状態である。実施形態において、非静定状態とは、油圧ショベル 100 が走行している状態である。グローバル座標演算装置 23 による測位が異常になることには、グローバル座標演算装置 23 が出力する基準位置データ P 1、P 2 の座標値が異常値を示す場合、グローバル座標演算装置 23 とセンサコントローラ 39 との間で通信エラーが発生した場合及び R T K - G N S S による測位に不具合が発生した場合が含まれる。G N S S アンテナ 21、22 が測位衛星からの電波を受信できなくなる又は電波を受信し難くなることにより、R T K - G N S S による測位に不具合が発生する。

【0089】

油圧ショベル 100 の制御システム 200 は、R T K - G N S S によって絶対位置、実施形態ではグローバル座標での位置を測位する。このため、何らかの理由で R T K - G N S S による測位に不具合が発生、すなわちグローバル座標演算装置 23 による測位が異常になった場合、絶対位置の測位精度が低下する。R T K - G N S S による測位の不具合が短時間であれば、R T K - G N S S による測位以外の方法で、R T K - G N S S による測位をバックアップできる。制御システム 200 は、後述する疑似不動点を用いて R T K - G N S S による測位をバックアップする。制御システム 200 は、測位のバックアップを実行することで、R T K - G N S S による測位の不具合が発生した場合でも、掘削制御及びガイダンス画面の表示を継続し、情報化施工を的確に継続することができる。

【0090】

油圧ショベル 100 の作業中において絶対位置が変化しない不動点が油圧ショベル 100 に存在すれば、制御システム 200 は不動点の絶対位置を保持し、不動点から車両本体 1 の任意の点までの相対位置を加えることにより、R T K - G N S S による測位の不具合が発生し、R T K - G N S S による測位が実現できていなくても、油圧ショベル 100 の任意の点の絶対位置を算出することができる。実際には油圧ショベル 100 のエンジン E G 35 が稼働している限り、作業機 2 の動作等により振動が発生するため、不動点は存在しないので、不動点と見なせる近似的な位置を疑似不動点として選定し、制御システム 2

10

20

30

40

50

00は、選定した疑似不動点を、前述した不動点と同様に取り扱うことで、疑似不動点を用いてRTK-GNSSによる測位をバックアップすることができる。疑似不動点を不動点と見なすことができるのは、油圧ショベル100が移動していない場合、すなわち図1に示される履帯5a、5bが動いていない場合である。

【0091】

次に、疑似不動点について説明する。実施形態において、疑似不動点は、図3及び図4に示される油圧ショベル100の原点位置PLである。なお、前述のようにローカル座標系の原点として原点位置PLを定めているが、他の位置にローカル座標系の原点を定めてもよい。したがって、疑似不動点は、以下の説明において特定点と称することもある。作業中の油圧ショベル100に回転が生ずるような動きがあった場合、その回転の支点は動かないので、疑似不動点はその支点にあれば、制御システム200によって求められる位置、例えば、作業機2の特定の部分の位置又はバケットの8刃先8Tの位置を含む作業機2の位置の誤差が最も小さくなる。疑似不動点を回転の支点とすることができない場合でも、疑似不動点をできるだけ支点の近くに設定すれば、制御システム200によって求められる位置（作業機2の位置）の誤差を小さくできる。上部旋回体3が旋回する際の支点は旋回中心軸、すなわち軸zであるので、疑似不動点を軸z上にする。ロール角4の方向及びピッチ角5の方向における回転の支点は一定点ではないが、必ず油圧ショベル100が接地する面上にあると考えられる。実施形態において、前述したように、原点位置PLは、旋回体の回転中心軸であるz軸と走行装置5が接地する面に相当する面との交点である。実施形態では、疑似不動点である原点位置PLを、油圧ショベル100が接地する面上とすることで、RTK-GNSSによる測位の不具合が発生した際において、制御システム200によって求められる位置、より具体的にはGNSSアンテナ21、22の絶対位置の誤差を小さくできる。

【0092】

油圧ショベル100は様々な作業を行うことができるが、法面の施工等の場合、走行装置5は停止したまま、作業機2又は上部旋回体3の操作だけで掘削や均しが行われることがある。情報化施工を可能とする油圧ショベル100を用いて、このような法面施工等の施工を行う場合、疑似不動点を用いてRTK-GNSSによる測位をバックアップすることで、掘削制御及びガイダンス画面の表示を継続し、情報化施工を的確に継続することができる。

【0093】

油圧ショベル100の制御システム200は、GNSSアンテナ21、22の絶対位置を測位している。このため、制御システム200は、RTK-GNSSによる測位の不具合が発生した場合に、次に説明するようにGNSSアンテナ21、22の絶対位置を演算して求めることにより、RTK-GNSSによる測位をバックアップできる。

【0094】

式(1)は、ローカル座標系における原点位置PLの位置ベクトルとGNSSアンテナ21、22の位置ベクトルとの差分を、グローバル座標系における原点位置PLの位置ベクトルとGNSSアンテナ21、22の位置ベクトルとの差分に変換する式である。式(1)から、式(2)が得られる。式(3)は、式(1)のグローバル座標系におけるGNSSアンテナ21、22の位置ベクトルの測定値Ra1を、グローバル座標系におけるGNSSアンテナ21、22の位置ベクトルの計算値Ra1cに置き換えて、計算値Ra1cを求める式として表したものである。

【0095】

$$Rf1 - Ra1 = Clb(Rfb - Rab) \cdots (1)$$

$$Rf1 = Clb(Rfb - Rab) + Ra1 \cdots (2)$$

$$Ra1c = Clb(Rab - Rfb) + Rf1 \cdots (3)$$

ここで、

Rfb：ローカル座標系における原点位置PLの位置ベクトルの校正值

Rab：ローカル座標系におけるGNSSアンテナ21、22の位置ベクトルの校正值

10

20

30

40

50

R f l : グローバル座標系における原点位置 P L の位置ベクトルの計算値

R a l : グローバル座標系における G N S S アンテナ 2 1、2 2 の位置ベクトルの測定値

R a l c : グローバル座標系における G N S S アンテナ 2 1、2 2 の位置ベクトルの計算値

C l b : ローカル座標系からグローバル座標系への座標回転行列

【 0 0 9 6 】

校正値とは、油圧シヨベル 1 0 0 の各位置及び寸法を計測することによって得られた、原点位置 P L 及び G N S S アンテナ 2 1、2 2 の位置の値であり、作業機コントローラ 2 6 の記憶部 2 6 M 及びセンサコントローラ 3 9 の記憶部 3 9 M に記憶されている。校正値は、油圧シヨベル 1 0 0 の設計寸法に基づくものでもよいが、油圧シヨベル 1 0 0 毎にバラツキが生じるため、前述のように計測（キャリブレーション）に基づく校正値を得るほうが好ましい。座標回転行列 C l b は、ロール角 4、ピッチ角 5 及びヨー角、すなわち方位角 d i を用いて式（ 4 ）のように表現される。ロール角 4、ピッチ角 5 及び方位角 d i は、I M U 2 4 によって検出された x 軸周りの角速度 x、y 軸周りの角速度 y 及び z 軸周りの角速度 z を姿勢角演算部 3 9 A が時間で積分されることによって求められる。式（ 4 ）中の s x は s i n 4、s y は s i n 5、s z は s i n d i、c x は c o s 4、c y は c o s 5、c z は c o s d i である。

【 数 1 】

$$Clb = \begin{bmatrix} cz \cdot cy & -sz \cdot cx + cz \cdot sy \cdot sx & sz \cdot sx + cz \cdot sy \cdot cx \\ sz \cdot cy & cz \cdot cx + sz \cdot sy \cdot sx & -cz \cdot sx + sz \cdot sy \cdot cx \\ -sy & cy \cdot sx & cy \cdot cx \end{bmatrix} \quad \cdots (4)$$

【 0 0 9 7 】

制御システム 2 0 0 は、式（ 2 ）を用いることにより、疑似不動点である特定点（実施形態では原点位置 P L ）を求めることができる。また、制御システム 2 0 0 は、式（ 3 ）を用いることにより、疑似不動点である特定点を用いて、G N S S アンテナ 2 1、2 2 の絶対位置を求めることができる。制御システム 2 0 0 は、式（ 2 ）及び式（ 3 ）を用いることによって、R T K - G N S S による測位の不具合が発生した場合に、G N S S アンテナ 2 1、2 2 の絶対位置を求めることができる。

【 0 0 9 8 】

具体的には、R T K - G N S S による測位が正常である場合、制御システム 2 0 0 のセンサコントローラ 3 9 が備える姿勢角演算部 3 9 A は、ロール角 4、ピッチ角 5 及び方位角 d i を求め、表示コントローラ 2 8 の刃先位置算出部 2 8 A に出力する。この場合、姿勢角演算部 3 9 A は、グローバル座標演算装置 2 3 から取得した基準位置データ P 1、P 2 を用いてグローバル座標系における方位角 d c（ここでは方位角 d a）を取得する。基準位置データ P 1、P 2 によって旋回体方位データ Q が得られるため、ローカル座標系について求められた作業機 2 の位置をグローバル座標系における作業機 2 の位置として求めることができる。姿勢角演算部 3 9 A は、取得した方位角 d a を、正常時の方位角、すなわち R T K - G N S S による測位に不具合が発生する前の方位角 d i b として記憶部 3 9 M に記憶させる。図 6 に示される例において、方位角 d i は、グローバル座標系（X、Y、Z）の Y 軸に対する上部旋回体 3 の前後軸である x 軸の傾きを表す。方位角 d i によって油圧シヨベル 1 0 0 の方位 D 1 が定まる。

【 0 0 9 9 】

位置情報演算部 3 9 B は、姿勢角演算部 3 9 A によって求められたロール角 4、ピッチ角 5 及び方位角 d i から座標回転行列 C l b を求める。また、位置情報演算部 3 9 B は、R T K - G N S S による測位が正常である状態でグローバル座標演算装置 2 3 から取得した基準位置データ P 1、P 2 からグローバル座標系における G N S S アンテナ 2 1、2 2 の位置ベクトルの測定値 R a l を求める。そして、位置情報演算部 3 9 B は、求めた座標回転行列 C l b と位置ベクトルの測定値 R a l とを式（ 2 ）に与えて、グローバル

座標系における原点位置 P_L の位置ベクトルの計算値 R_{f1} を求める。以下において、計算値 R_{f1} を、適宜正常時原点位置 R_{f1} と称する。位置情報演算部 39B は、求めた正常時原点位置 R_{f1} を記憶部 39M に記憶させる。そして、位置情報演算部 39B は、グローバル座標演算装置 23 から取得した基準位置データ P_1 、 P_2 を、表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に基準位置データ P_{1c} 、 P_{2c} として出力する。

【0100】

RTK-GNSS による測位に不具合が発生した場合又は油圧シヨベル 100 が静定状態でなくなった場合（以下、適宜、測位不具合等が発生した場合と称する）、姿勢角演算部 39A は、IMU24 の検出値を用いてロール角 4、ピッチ角 5 及び方位角 d_i を求める。姿勢角演算部 39A は、記憶部 39M に記憶されている、RTK-GNSS による測位に不具合が発生する前の方位角 d_{ib} と、測位不具合等が発生してから、 z 軸周りの角速度 z を時間で積分することによって得られた方位角 d_{ia} との和を、方位角 d_i として求める。姿勢角演算部 39A は、求めたロール角 4、ピッチ角 5、さらに方位角 d_i を、方位角 d_c として表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に出力する。

10

【0101】

位置情報演算部 39B は、姿勢角演算部 39A から取得した、測位不具合等が発生した場合の後のロール角 4、ピッチ角 5 及び方位角 d_i を用いて、座標回転行列 C_{1b} を生成する。位置情報演算部 39B は、記憶部 39M に記憶されている、測位不具合等が発生した場合の前の正常時原点位置 R_{f1} を読み出す。そして、位置情報演算部 39B は、読み出した正常時原点位置 R_{f1} 及び生成した座標回転行列 C_{1b} を式 (3) に与え、グローバル座標系における GNSS アンテナ 21、22 の位置ベクトルの計算値 R_{a1c} を求める。位置情報演算部 39B は、位置ベクトルの計算値 R_{a1c} から、GNSS アンテナ 21、22 の基準位置データ P_{1i} 、 P_{2i} を求め、表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に基準位置データ P_{1c} 、 P_{2c} として出力する。基準位置データ P_{1c} 、 P_{2c} によって旋回体方位データ Q が得られるため、ローカル座標系について求められた作業機 2 の位置をグローバル座標系における作業機 2 の位置として求めることができる。測位不具合等が発生した場合における制御システム 200 のセンサコントローラ 39 の動作は、前述した第 2 のモードに相当する。

20

【0102】

上部旋回体 3 が旋回している場合、位置情報演算部 39B は、旋回中の方位角 d_i を次のようにして求める。図 7 に示す例において、方位 D_1 の状態から油圧シヨベル 100 の上部旋回体 3 が矢印 RT で示される方向に旋回を開始したとする。旋回開始時における方位角は d_{ib} であり、センサコントローラ 39 の記憶部 39M に記憶されている。姿勢角演算部 39A は、方位 D_1 から旋回を開始した上部旋回体 3 の旋回角速度 ω を時間で積分することにより、方位 D_1 からの方位角 d_{ia} （方位角変化量）を求め、位置情報演算部 39B に出力する。位置情報演算部 39B は、方位 D_1 からの方位角 d_{ia} と、記憶部 39M から読み出した旋回開始時における方位角 d_{ib} とを加算し、得られた値を旋回中の方位角 d_i とする。方位角 d_i によって、旋回中における油圧シヨベル 100 の方位 D_2 が定まる。

30

40

【0103】

測位の不具合等が発生した場合、制御システム 200 は、測位不具合等が発生する前に正常に測位された基準位置データ P_1 、 P_2 を用いて得られた原点位置 P_L を用いて基準位置データ P_{1i} 、 P_{2i} を求める。このようにすることで、制御システム 200 は、測位不具合等が発生した場合でも、GNSS アンテナ 21、22 の絶対位置を求めることができる。結果として、制御システム 200 を備える油圧シヨベル 100 は、測位不具合等が発生した場合でも、GNSS アンテナ 21、22 の絶対位置を利用した掘削制御等を継続できる。次に、実施形態に係る制御システム 200 が位置情報 IPL を生成する処理を説明する。

【0104】

50

< 位置情報 I P L を生成する処理 >

図 8 は、実施形態に係る制御システム 200 が位置情報 I P L を生成する処理の一例を示すフローチャートである。ステップ S 101 において、センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、グローバル座標演算装置 23 による測位が正常かつ油圧シヨベル 100 が静定状態であるか否かを判定する。グローバル座標演算装置 23 による測位が正常であるか否かは、次のように判定される。

(1) グローバル座標演算装置 23 の測位に関するいずれかのエラーが発生している場合又は G N S S アンテナ 21、22 の Z 方向における座標データの値が閾値を超えている場合には、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常である。G N S S アンテナ 21、22 の Z 方向における座標データの値が閾値以下である場合には、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常であるとしてもよい。

10

(2) グローバル座標演算装置 23 の測位に関するエラーが発生していない場合かつ G N S S アンテナ 21、22 の Z 方向における座標データの値が閾値を下回っている場合には、グローバル座標演算装置 23 による測位が正常である。G N S S アンテナ 21、22 の Z 方向における座標データの値が閾値を超えている場合には、グローバル座標演算装置 23 による測位が正常であるとしてもよい。

【0105】

油圧シヨベル 100 が静定状態であるか否かは、次のように判定される。以下の説明において、操作装置 25 の操作レバーが O N とは、操作レバーが操作され中立状態でないことを示し、操作装置 25 の操作レバーが O F F とは、操作レバーが操作されず中立状態であること示す。

20

(1) 走行用レバー 25 F L 及び走行用レバー 25 F R の少なくとも一方が O N である場合は、油圧シヨベル 100 が非静定状態、すなわち動的状態である。

(2) 走行用レバー 25 F L 及び走行用レバー 25 F R の両方が O F F である場合には、油圧シヨベル 100 が静定状態、すなわち静的状態である。

【0106】

実施形態において、静定状態か否かは、図 2 に示される左操作レバー 25 L 及び右操作レバー 25 R のパイロット圧を検出する圧力センサ 66 の検出値 S T r 及び走行用レバー 25 F L 及び走行用レバー 25 F R のパイロット圧を検出する圧力センサ 27 P C の検出値 S T d に基づいて判定される。圧力センサ 66、27 P C の検出値 S T r、S T d が、パイロット圧の第 1 閾値を超えた場合、センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、非静定状態であると判定する。圧力センサ 66、27 P C の検出値 S T r、S T d が、パイロット圧の第 1 閾値よりも小さい第 2 閾値を下回った場合、センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、静定状態であると判定する。

30

【0107】

センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、圧力センサ 66、27 P C の検出値 S T r、S T d を用いて油圧シヨベル 100 の静定状態と非静定状態とを判定したが、静定状態と非静定状態との判定は、圧力センサ 66、27 P C の検出値を用いる方法に限定されない。左操作レバー 25 L、右操作レバー 25 R、走行用レバー 25 F L 及び走行用レバー 25 F R の操作量が、ポテンショメータ又はホール I C 等によって検出される電気方式の操作装置 25 である場合、センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、ポテンショメータ又はホール I C の出力値を用いて油圧シヨベル 100 の静定状態と非静定状態とを判定してもよい。さらに、センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、I M U 24 の検出値を用いて、油圧シヨベル 100 の静定状態と非静定状態とを判定してもよい。例えば、I M U 24 が旋回角速度を検出したり、x 軸方向、y 軸方向及び z 軸方向の少なくとも一方向の加速度を検出したりした場合に、センサコントローラ 39 の処理部 39 P は、油圧シヨベル 100 が非静定状態であると判定することができる。

40

【0108】

グローバル座標演算装置 23 による測位が正常かつ油圧シヨベル 100 が静定状態である場合 (ステップ S 101、Y e s)、センサコントローラ 39 の姿勢角演算部 39 A は

50

、ステップS 1 0 2において、IMU 2 4から動作情報MIを取得する。姿勢角演算部3 9 Aは、取得した動作情報MIから位置情報IPLであるロール角 4、ピッチ角 5及び方位角 diを求めて、ロール角 4、ピッチ角 5及び方位角 dcとして位置情報演算部3 9 Bに出力する。

【0109】

ステップS 1 0 3において、位置情報演算部3 9 Bは、取得したロール角 4、ピッチ角 5及び方位角 di (dc)から座標回転行列C 1 bを求める。ステップS 1 0 4において、位置情報演算部3 9 Bは、座標回転行列C 1 bと、グローバル座標演算装置2 3から取得した基準位置データP 1、P 2に基づくGNSSアンテナ2 1、2 2の位置ベクトルの測定値Ra 1とを式(2)に与えて、特定点(実施形態においては原点位置PL)の位置を求める。ステップS 1 0 5において、位置情報演算部3 9 Bは、求めた原点位置PLを記憶部3 9 Mに記憶させる。

10

【0110】

ステップS 1 0 6において、位置情報演算部3 9 Bは、グローバル座標系における基準位置データP 1 c、P 2 cを求め、ステップS 1 0 7において表示コントローラ2 8の刃先位置算出部2 8 Aに位置情報IPLとして出力する。前述したように、刃先位置算出部2 8 Aに出力される基準位置データP 1 c、P 2 cは、グローバル座標演算装置2 3から取得した基準位置データP 1、P 2である。ステップS 1 0 7は、第1のモードに相当する。ステップS 1 0 7が終了したら、センサコントローラ3 9の処理部3 9 Pは、ステップS 1 0 1に戻り、以後の処理を実行する。

20

【0111】

ステップS 1 0 1に戻り、グローバル座標演算装置2 3による測位が異常かつ油圧シヨベル1 0 0が非静定状態である場合、グローバル座標演算装置2 3による測位が正常かつ油圧シヨベル1 0 0が非静定状態である場合、グローバル座標演算装置2 3による測位が異常かつ油圧シヨベル1 0 0が静定状態である場合(ステップS 1 0 1、No)、位置情報演算部3 9 Bは、ステップS 1 0 8において姿勢角演算部3 9 Aから取得したロール角 4、ピッチ角 5及び旋回角速度を積分して得られた方位角 diaと、記憶部3 9 Mに記憶されている方位角 dibと、から座標回転行列C 1 bを求める。位置情報演算部3 9 Bが座標回転行列C 1 bを求める際に用いる方位角 diは、ステップS 1 0 1でNoと判定される時点よりも所定時間前に記憶部3 9 Mに記憶された方位角 dibが読み出され、前述のように、方位角 dibと方位角 diaとの和を方位角 diとして求められる。さらに、求められた方位角 diと式(4)とを用いて座標回転行列C 1 bが求められる。ここでの所定時間とは、グローバル座標演算装置2 3とセンサコントローラ3 9との間の通信時間及びセンサコントローラ3 9の演算時間によって定められるため特定の値に限定されないが、例えば0.3秒としている。

30

【0112】

ステップS 1 0 9において、位置情報演算部3 9 Bは、センサコントローラ3 9の記憶部3 9 Mに記憶されている特定点(実施形態では原点位置PL)の位置を読み出す。実施形態において、センサコントローラ3 9は、ステップS 1 0 1でNoと判定される時点よりも前の原点位置PLを記憶部3 9 Mに記憶している。ステップS 1 0 9において、位置情報演算部3 9 Bは、ステップS 1 0 1でNoと判定される時点よりも所定時間前に記憶部3 9 Mに記憶された原点位置PLを読み出す。ステップS 1 0 9での所定時間は、ステップS 1 0 8の所定時間と同様である。

40

【0113】

ステップS 1 0 8とステップS 1 0 9とでは、ステップS 1 0 1でNoと判定される時点よりも所定時間前に記憶部3 9 Mに記憶された方位角 diと原点位置PLとを用いる。このため、位置情報演算部3 9 Bは、グローバル座標演算装置2 3による測位が確実に正常であるときの方位角 di及び原点位置PLを用いることができる。

【0114】

ステップS 1 1 0において、位置情報演算部3 9 Bは、ステップS 1 0 8で求めた座標

50

回転行列 $C1b$ とステップ $S109$ で読み出した原点位置 PL とを式 (3) に与えて、グローバル座標系における基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ を求める。次に、ステップ $S111$ において、センサコントローラ 39 の処理部 39P は、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常であるか否かを判定する。この判定については、前述した通りである。

【0115】

グローバル座標演算装置 23 による測位が異常である場合 (ステップ $S111$ 、Yes)、ステップ $S112$ において、センサコントローラ 39 の処理部 39P は、油圧ショベル 100 が走行しているか否かを判定する。走行用レバー 25FL 及び走行用レバー 25FR の少なくとも一方が ON である場合、処理部 39P は、油圧ショベル 100 が走行していると判定し、走行用レバー 25FL 及び走行用レバー 25FR の両方が OFF である場合、油圧ショベル 100 が走行していない、すなわち停止していると判定する。

10

【0116】

油圧ショベル 100 が走行している場合 (ステップ $S112$ 、Yes)、ステップ $S113$ に進み、センサコントローラ 39 の位置情報演算部 39B 及び姿勢角演算部 39A は、位置情報 IPL を表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に出力しない。油圧ショベル 100 が走行している場合、特定点 (実施形態では原点位置 PL) の位置も油圧ショベル 100 とともに移動するため、移動後における原点位置 PL は、ステップ $S101$ で No と判定される時点よりも所定時間前に記憶部 39M に記憶された原点位置 PL とは異なる。したがって、油圧ショベル 100 が走行している場合に、ステップ $S101$ で No と判定される時点よりも前の原点位置 PL を用いて求めたグローバル座標系における基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ は、走行している油圧ショベル 100 の実際の基準位置データ $P1$ 、 $P2$ とは異なる。

20

【0117】

位置情報演算部 39B 及び姿勢角演算部 39A は、油圧ショベル 100 が走行している場合、位置情報 IPL を表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A に出力しない。このような処理により、表示コントローラ 28 の刃先位置算出部 28A はバケット刃先位置データ S を生成しないので、目標掘削地形データ生成部 28B も、目標掘削地形データ U を生成しない。目標掘削地形データ U が存在しないので、作業機コントローラ 26 及び表示コントローラ 28 は、目標掘削地形データ U を用いた処理、例えば掘削制御又は表示部 29 に対して掘削補助のガイダンス画面の表示を実行しない。このように、制御システム 200 は、油圧ショベル 100 が走行している場合、実際の位置とは異なる位置に基づく掘削制御又は掘削補助のガイダンス画面の表示を実行しない。

30

【0118】

ステップ $S113$ は、第 3 のモードに相当する。ステップ $S113$ が終了したら、センサコントローラ 39 の処理部 39P は、ステップ $S101$ に戻り、以後の処理を実行する。

【0119】

ステップ $S111$ に戻り、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常でない、すなわち正常である場合 (ステップ $S111$ 、No)、センサコントローラ 39 の処理部 39P は、ステップ $S114$ において、ステップ $S108$ で得られた方位角 di 及びステップ $S110$ で求められた基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ をセンサコントローラ 39 の記憶部 39M に記憶する。ステップ $S114$ が終了したら、センサコントローラ 39 の処理部 39P は、ステップ $S101$ に戻り、以後の処理を実行する。

40

【0120】

ステップ $S111$ においてグローバル座標演算装置 23 による測位が正常である場合、ステップ $S114$ において、センサコントローラ 39 の処理部 39P は、ステップ $S101$ で No と判定される時点よりも前の原点位置 PL を用いてグローバル座標系における基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ を求めるのみである。

【0121】

次に、ステップ $S112$ に戻り、油圧ショベル 100 が走行していない場合 (ステップ

50

S 1 1 2、N o)、ステップ S 1 1 5 において、センサコントローラ 3 9 の位置情報演算部 3 9 B 及び姿勢角演算部 3 9 A は、ステップ S 1 0 8 で得られたロール角 4、ピッチ角 5、方位角 d i (d c) 及びステップ S 1 1 0 で求められた基準位置データ P 1 i、P 2 i を位置情報 I P L として表示コントローラ 2 8 の刃先位置算出部 2 8 A に出力する。ステップ S 1 1 5 は、第 2 のモードに相当する。

【 0 1 2 2 】

次に、ステップ S 1 1 6 に進み、センサコントローラ 3 9 の処理部 3 9 P は、第 3 のモードに遷移するか否かを判定する。第 3 のモードに遷移するための条件が成立した場合 (ステップ S 1 1 6、Y e s)、ステップ S 1 1 3 に進み、センサコントローラ 3 9 の位置情報演算部 3 9 B 及び姿勢角演算部 3 9 A は、位置情報 I P L を表示コントローラ 2 8 の刃先位置算出部 2 8 A に出力しない。第 3 のモードに遷移するための条件が成立しない場合 (ステップ S 1 1 6、N o)、センサコントローラ 3 9 の処理部 3 9 P は、ステップ S 1 0 1 に戻り、以後の処理を実行する。次に、センサコントローラ 3 9 の動作が、第 1 のモードと、第 2 のモードと、第 3 のモードとを遷移することについて説明する。

【 0 1 2 3 】

<センサコントローラ 3 9 の動作の遷移について>

図 9 は、センサコントローラ 3 9 が動作するモードの遷移を示す図である。グローバル座標演算装置 2 3 による測位が正常かつ油圧ショベル 1 0 0 が静定状態である場合に、センサコントローラ 3 9 は第 1 のモード A で動作する。グローバル座標演算装置 2 3 による測位が異常かつ油圧ショベル 1 0 0 が非静定状態、より具体的には走行状態であるときに、センサコントローラ 3 9 は、第 1 のモード A での動作から第 3 のモード C での動作に遷移 (II) する。グローバル座標演算装置 2 3 による測位が異常かつ油圧ショベル 1 0 0 が非走行状態であるときに、センサコントローラ 3 9 は、第 1 のモード A での動作から第 2 のモード B での動作に遷移 (III) する。グローバル座標演算装置 2 3 による測位が正常かつ油圧ショベル 1 0 0 が非走行状態であるときに、センサコントローラ 3 9 は、第 2 のモード B での動作から第 1 のモード A での動作に遷移する (IV)。センサコントローラ 3 9 は、第 2 のモード B での動作中、第 3 のモードに遷移する条件が成立したら、第 3 のモード C での動作に遷移する (V)。センサコントローラ 3 9 は、第 3 のモード C での動作中、グローバル座標演算装置 2 3 による測位が正常になると、第 1 のモード A での動作に遷移する (I)。

【 0 1 2 4 】

第 3 のモードに遷移する条件について詳細に説明する。

(1) 第 2 のモード B で動作した時間 t c 2 が閾値を超えた場合 (第 1 条件) 又は油圧ショベル 1 0 0 が走行した場合 (第 2 条件) 又は油圧ショベル 1 0 0 のセンサに異常があった場合 (第 3 条件) に、第 2 のモード B から第 3 のモード C に遷移 (V) する条件が成立する。閾値は限定されるものではないが、例えば、6 0 秒である。例えば、表示部 2 9 の図示しない入力装置によって、この閾値の大きさを任意に変更できるようにしてもよい。このように第 2 のモード B から第 3 のモード C に遷移する条件に、第 2 のモード B で動作した時間 t c 2 が閾値を超えたかどうかを入れている理由については後述する。実施形態において、油圧ショベル 1 0 0 のセンサの異常とは、油圧ショベル 1 0 0 の動作を検出する機器及び油圧ショベル 1 0 0 の位置を求める機器の少なくとも一方に関する異常である。油圧ショベル 1 0 0 の動作を検出する機器は、I M U 2 4、圧力センサ 6 6、2 7 P C、6 8、第 1 ストロークセンサ 1 6、第 2 ストロークセンサ 1 7、第 3 ストロークセンサ 1 8 及びセンサコントローラ 3 9 が例示されるが、これらに限定されるものではない。油圧ショベル 1 0 0 の位置を求める機器は、G N S S アンテナ 2 1、2 2、グローバル座標演算装置 2 3、センサコントローラ 3 9、第 1 ストロークセンサ 1 6、第 2 ストロークセンサ 1 7、第 3 ストロークセンサ 1 8 が例示されるが、これらに限定されるものではない。油圧ショベル 1 0 0 の動作を検出する機器と油圧ショベル 1 0 0 の位置を求める機器とは、共通する機器が両方の機能を実現してもよい。

(2) 第 2 のモード B で動作中、上部旋回体 3 が同一方向に旋回角度の閾値 (例えば、特

定角度として250度)よりも大きく旋回した場合(第4条件)に、第2のモードBから第3のモードCに遷移(V)する条件が成立する。特定角度は、旋回角度の閾値に対応する。例えば、表示部29の図示しない入力装置によって、この閾値の大きさを任意に変更できるようにしてもよい。このように第2のモードBから第3のモードCに遷移する条件に、同一方向に旋回角度の閾値よりも大きく旋回したかどうかを入れている理由については後述する。以上のように、第2のモードBから第3のモードCに遷移(V)する条件である、第1条件から第4条件について説明したが、第1条件から第4条件のいずれかが成立した場合に、第2のモードBから第3のモードCに遷移(V)する。

【0125】

図10及び図11は、第3のモードに遷移する条件を説明するための図である。図10に示される原点位置PLa(Xa、Ya、Za)、PLb(Xb、Yb、Zb)は、いずれもグローバル座標系で表されている。図10の原点位置PLaは、油圧ショベル100が静止しているときの位置である。原点位置PLaがセンサコントローラ39の記憶部39Mに記憶されており、センサコントローラ39は、グローバル座標演算装置23による測位が異常である場合に原点位置PLaを用いて位置情報IPLを生成しているとする。この状態で油圧ショベル100が原点位置PLaから移動して原点位置PLbになったとする。実際の油圧ショベル100の原点位置PLは、原点位置PLbであるが、グローバル座標演算装置23による測位が異常である場合、センサコントローラ39は、実際の原点位置PLbとは異なる原点位置PLaを用いて位置情報IPLを生成することになる。このため、センサコントローラ39は、第2のモードで動作しているときに油圧ショベル100が走行した場合、第3のモードに遷移することで、実際とは異なる原点位置PLaを用いて位置情報IPLを生成することを回避する。

【0126】

図11の方位DSは、センサコントローラ39が第2のモードで動作を開始したときの方位を示し、方位DEは、第2のモードで動作を開始した後、上部旋回体3が同一方向に180度よりも大きく旋回したときの方位を示している。矢印RTaは、上部旋回体3が同一方向に180度よりも大きく旋回したときの旋回方向を示している。矢印RTbは、矢印RTaとは反対方向に上部旋回体3が旋回して方位DEとなる場合の旋回方向を示している。

【0127】

第2のモードにおいて、センサコントローラ39の姿勢角演算部39Aは、旋回角速度を時間で積分することによって方位角diを求める。このため、上部旋回体3が同一の方向の旋回する量が大きくなると、IMU24の特性に起因する誤差、すなわち旋回角速度の積分による誤差が蓄積して、方位角diの精度が低下する可能性がある。また、上部旋回体3を方位DSの状態から方位DEとする場合、上部旋回体3の旋回方向は2通り存在する。油圧ショベル100のオペレータは、通常は、上部旋回体3の旋回する量が180度未満となる旋回方向を採用する。つまり、図11に示される例において、上部旋回体3が方位DSから方位DEに旋回する場合、オペレータは、通常矢印RTbで示される旋回方向を選択する。このため、第2のモードBで動作中に上部旋回体3が同一方向に大きな旋回角度(特定角度)であって、例えば250度を超えて旋回した場合、通常は実行されない動作であることから、センサコントローラ39は、第3のモードCに遷移する。このような処理により、センサコントローラ39は、方位角diの誤差を低減できる。

【0128】

また、IMU24は、種類によっては、上部旋回体3が旋回していない場合において旋回角速度の検出誤差が時間の経過とともに大きくなる可能性がある。このため、センサコントローラ39は、第2のモードBで動作した時間tc2が閾値を超えた場合に、第3のモードに遷移する。このような処理により、センサコントローラ39は、方位角diの誤差を低減できる。

【0129】

前述したように、センサコントローラ 39 が第 2 のモードで動作中、油圧ショベル 100 のセンサに異常が発生した場合には、第 3 のモードに遷移する。第 3 のモードに遷移するためのセンサの異常は、IMU 24 とセンサコントローラ 39 との間の通信異常、センサコントローラ 39 と他のコントローラ（表示コントローラ 28、作業機コントローラ 26 及びポンプコントローラ等）との通信異常、IMU 24 の異常、圧力センサ 66、27PC の異常が挙げられる。

【0130】

図 12 は、上部旋回体 3 の旋回時においてセンサコントローラ 39 が実行する処理のタイミングチャートである。実施形態において、上部旋回体 3 が旋回を開始したときにおける、第 1 のモード A から第 2 のモード B への遷移について説明する。センサコントローラ 39 は、上部旋回体 3 の旋回が開始されると（旋回 ON）、油圧ショベル 100 が非静定状態となる前の原点位置 PL 及び方位角 dib を用いてグローバル座標系における基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ を求める。しかし、センサコントローラ 39 は、グローバル座標演算装置 23 による測位が正常である場合（測位 OK）は、第 2 のモード B には遷移せず、第 1 のモード A で動作する。

【0131】

図 12 に示されるタイミングチャートでは、時間 t が $t1$ のときに、上部旋回体 3 の旋回が開始されたことを示しが、このタイミング（ $t = t1$ ）では、センサコントローラ 39 は、油圧ショベル 100 が非静定状態となる前の時間 $t = t0$ の原点位置 PL 及び方位角 dib を用いてグローバル座標系における基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ を求め、記憶部 39M に記憶させるのみである。 $t1$ から $t0$ の時間は、前述した所定時間に相当し、例えば 0.3 秒である。つまり、センサコントローラ 39 は、時間 $t0$ の時点で基準位置データ $P1i$ 、 $P2i$ を記憶部 39M に記憶させている。上部旋回体 3 が旋回中かつグローバル座標演算装置 23 による測位が正常である場合、センサコントローラ 39 は、グローバル座標演算装置 23 から取得した基準位置データ $P1$ 、 $P2$ 及び IMU 24 によって検出された旋回角速度 から求められた方位角 di を出力する。すなわち、センサコントローラ 39 は、第 1 のモード A で動作し、第 2 のモード B は OFF となる。

【0132】

時間 $t = t2$ のタイミングで、上部旋回体 3 が旋回中に、グローバル座標演算装置 23 による測位が異常（測位 NG）になったとする。すると、センサコントローラ 39 は、第 1 のモード A での動作から第 2 のモード B での動作（第 2 のモード B が ON）に遷移させる。時間 $t = t3$ において上部旋回体 3 の旋回が終了すると（旋回 OFF）、グローバル座標演算装置 23 による測位の状態及び油圧ショベル 100 の状態によってセンサコントローラ 39 の動作が決定される。図 12 に示される例では、時間 $t = t4$ で、例えば、前述のように第 2 のモード B で動作した時間 $tc2$ が閾値（例えば、60 秒）を経過し、第 3 のモード C に遷移する条件が成立し、時間 $t = t4$ 以後において、センサコントローラ 39 は第 3 のモード C で動作する。

【0133】

次に、上部旋回体 3 の旋回中にグローバル座標演算装置 23 による測位が異常になったため第 2 のモード B に遷移し、その後、第 2 のモード B で動作中に上部旋回体 3 が旋回を終了せず、上部旋回体 3 の旋回中に測位が正常になった場合を説明する。グローバル座標演算装置 23 とセンサコントローラ 39 との間には通信の遅れが存在する。また、グローバル座標演算装置 23 及びセンサコントローラ 39 は、情報を処理するために時間を要する。このため、センサコントローラ 39 は、上部旋回体 3 の旋回中に測位が正常になると同時に第 1 のモード A に遷移しても、グローバル座標演算装置 23 の検出値に基づく位置情報 IPL を表示コントローラ 28 へ直ちに送信することはできない。このため、実施形態において、センサコントローラ 39 は、上部旋回体 3 の旋回中、かつ第 2 のモード B で動作中にグローバル座標演算装置 23 による測位が正常になった場合、少なくとも上部旋回体 3 の旋回が終了するまで、第 2 のモード B での動作を継続する。このようにすることで、センサコントローラ 39 から表示コントローラ 28 へ出力される基準位置データ $P1$

c、P 2 c の急変に基づく、作業機 2 の掘削制御及びガイダンス画面の表示の不具合等を抑制できる。

【 0 1 3 4 】

このように、第 2 のモード B から第 1 のモード A へ遷移する判断条件として、上部旋回体 3 が旋回状態であるか旋回終了状態（非旋回状態）であるかを判断条件としている。この判断は以下のようにして行われる。左操作レバー 2 5 L が ON であるか、旋回角速度の絶対値が旋回角速度閾値 d 以上となる状態が第 3 時間 t c 3 継続した場合には、上部旋回体 3 が旋回状態である。旋回角速度閾値 d は限定されるものではないが、実施形態では、3 度 / 秒である。第 3 時間 t c は限定されるものではないが、例えば 0 . 0 3 秒である。左操作レバー 2 5 L が OFF であって、かつ旋回角速度の絶対値が旋回角速度閾値 d 未満となる状態が、第 4 時間 t c 4 継続した場合には、上部旋回体 3 が旋回終了状態である。第 4 時間 t d は限定されるものではないが、例えば 1 . 5 秒である。

10

【 0 1 3 5 】

制御システム 2 0 0 は、RTK - GNSS による測位の結果を用いて位置情報 I P L を求める第 1 のモードと、RTK - GNSS による測位が正常であるときの原点位置 P L 及び方位角 d を用いて位置情報 I P L を求める第 2 のモードと、位置情報 I P L を出力しない第 3 のモードとで動作する。制御システム 2 0 0 は、RTK - GNSS による測位に異常が発生した場合は第 2 のモードによりバックアップを実現できる。また、油圧シヨベル 1 0 0 の動作を検出する機器及び油圧シヨベル 1 0 0 の位置を求める機器の少なくとも一方に関する異常がある状態又は油圧シヨベル 1 0 0 が走行する状態等によって、制御システム 2 0 0 が求めた位置と油圧シヨベル 1 0 0 の実際の位置との差が大きくなる可能性がある場合には、制御システム 2 0 0 は、第 3 のモードにより位置情報 I P L を出力しない。このため、作業機コントローラ 2 6 は目標掘削地形データ U を用いた掘削制御を実行せず、表示コントローラ 2 8 は掘削補助のガイダンス画面の表示を実行しない。その結果、制御システム 2 0 0 は、油圧シヨベル 1 0 0 の位置を測位した結果に基づいて情報化施工を行うにあたって、情報化施工が行われている際に作業機 2 を的確に継続して制御すること及び作業のガイダンス画面に適正な情報を表示することのうち少なくとも 1 つを実現することが可能となる。

20

【 0 1 3 6 】

制御システム 2 0 0 は、RTK - GNSS による測位が正常である場合に、IMU 2 4 が出力するヨー角を記憶しておくのではなく、2 つの GNSS アンテナ 2 1、2 2 による測定値からグローバル座標系における方位角（絶対方位角）d を求めて記憶している。上部旋回体 3 は旋回角速度が速いため、IMU 2 4 が出力する方位角 d i は誤差を含んでしまう。このため、RTK - GNSS による測位が正常である場合にグローバル座標演算装置 2 3 によって得られた基準位置データ P 1、P 2 から方位角 d を求めている。このような処理により、制御システム 2 0 0 は、上部旋回体 3 が旋回している際において、第 2 のモードで求めた基準位置データ P 1 i、P 2 i の精度の低下を抑制できる。

30

【 0 1 3 7 】

油圧シヨベル 1 0 0 が、GNSS アンテナ 2 1、2 2 及びグローバル座標演算装置 2 3 の他に、グローバル座標系における方位角 d を求める装置を有していれば、制御システム 2 0 0 は、その装置によって得られたグローバル座標系における方位角 d を用いて、RTK - GNSS による測位が異常になった後等の基準位置データ P 1 i、P 2 i を求めてもよい。ローバル座標系における方位角 d を求める装置としては、地磁気センサが例示される。このようにすれば、センサコントローラ 3 9 は、RTK - GNSS による測位が正常である場合に得られた基準位置データ P 1、P 2 を用いて得られた方位角 d i b を記憶部 3 9 M に記憶する必要はないので、処理の負荷を抑制し、記憶部 3 9 M が方位角 d i b を記憶する分の記憶容量を低減できる。

40

【 0 1 3 8 】

実施形態において、制御システム 2 0 0 の表示コントローラ 2 8 は、図 2 に示される表示部 2 9 に、センサコントローラ 3 9 の動作の状態を表示させてもよい。例えば、表示コ

50

ントローラ 28 は、センサコントローラ 39 の動作が第 1 のモードであること、第 2 のモードであること又は第 3 のモードであることのいずれかを表示部 29 に表示させる。このような処理により、油圧ショベル 100 のオペレータは、現在どのようなモードであるかを把握することができる。

【0139】

実施形態において、制御システム 200 のセンサコントローラ 39 は、RTK-GNSS による測位は正常であるが、油圧ショベル 100 が非静定状態になったときは、それよりも前の原点位置 PL 及び方位角 θ_a を用いて位置情報 IPL の計算のみを実行し、RTK-GNSS によって測位された基準位置データ P1、P2 を位置情報 IPL として表示コントローラ 28 に出力する。このセンサコントローラ 39 の動作を第 4 のモードと称する。表示コントローラ 28 は、第 1 のモードから第 3 のモードのいずれかを表示部 29 に表示させることに加え、センサコントローラ 39 の動作が第 4 のモードであることを表示部 29 に表示させてもよい。このような処理により、油圧ショベル 100 のオペレータは、現在どのモードであるかをより詳細に把握することができる。

【0140】

実施形態において、制御システム 200 は、油圧ショベル 100 の外部に設けられた管理装置のサーバーと通信する通信装置を備え、管理装置サーバーとの間で情報をやり取りしてもよい。制御システム 200 と管理装置のサーバーとの間でやり取りされる情報は、油圧ショベル 100 の状態に関する情報及び管理装置のサーバーから制御システム 200 に送信されて制御システム 200 を動作させる各種の命令等を含む。制御システム 200 が管理装置サーバーと通信する通信装置を備える場合、RTK-GNSS による測位の状態、第 1 のモードから第 4 のモードが実行された回数、実行された時間及び実行された時刻といった情報を管理装置のサーバーに送信してもよい。このような処理により、管理装置を用いて油圧ショベル 100 を管理する管理者は、油圧ショベル 100 の状態を詳細に把握しやすくなる。

【0141】

以上、実施形態を説明したが、前述した内容により実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。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、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、センサコントローラ 39 が実行する各処理は、作業機コントローラ 26、表示コントローラ 28、ポンプコントローラ又はこれら以外のコントローラが実行してもよい。作業機械は油圧ショベル 100 に限定されず、ホイールローダー又はブルドーザのような他の作業機械であってもよい。図 5 に示される姿勢角演算部 39A と位置情報演算部 39B とは、センサコントローラ 39 に備えられるが、いずれか一方又は両方が表示コントローラ 28 に備えられてもよいし、表示コントローラ 28 以外のコントローラに備えられてもよい。

【符号の説明】

【0142】

- 1 車両本体
- 2 作業機
- 3 上部旋回体
- 5 走行装置
- 5a、5b 履帯
- 5c 油圧モータ
- 6 ブーム
- 7 アーム
- 8 バケット
- 8B 刃
- 8T 刃先

10

20

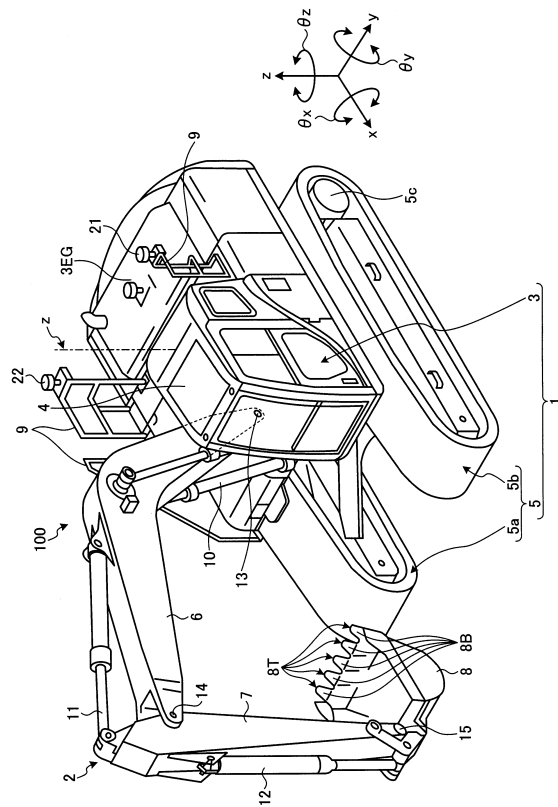
30

40

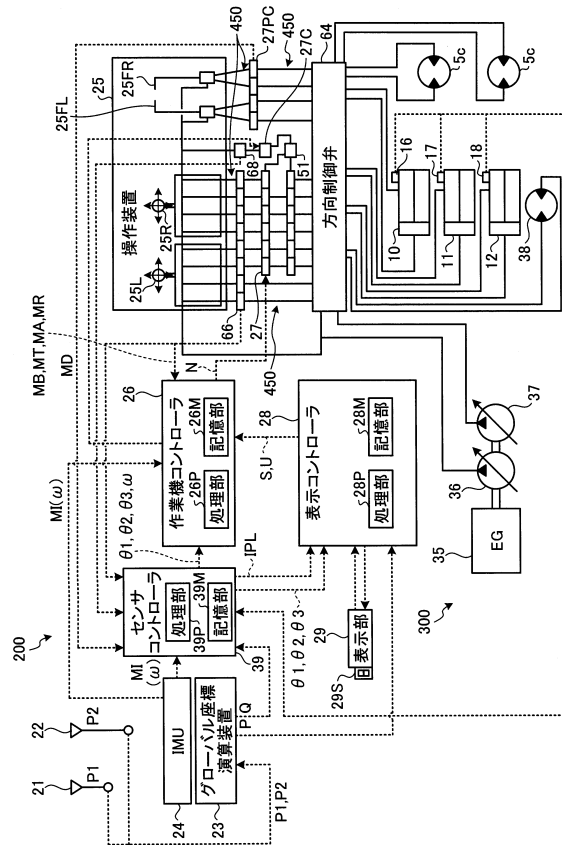
50

2 1、2 2	アンテナ (GNSS アンテナ)	
2 3	グローバル座標演算装置	
2 5	操作装置	
2 5 R	右操作レバー	
2 5 L	左操作レバー	
2 5 F L、2 5 F R	走行用レバー	
2 6	作業機コントローラ	
2 7 P C、6 6、6 8	圧力センサ	
2 8	表示コントローラ	
2 8 A	刃先位置算出部	10
2 8 B	目標掘削地形データ生成部	
2 8 C	目標施工情報格納部	
2 9	表示部	
3 9	センサコントローラ	
3 9 A	姿勢角演算部	
3 9 B	位置情報演算部	
1 0 0	油圧シヨベル	
2 0 0	制御システム	
C 1 b	座標回転行列	
I P L	位置情報	20
M I	動作情報	
P、P 1、P 1 c、P 1 i、P 2、P 2 c、P 2 i	基準位置データ	
P L、P L b	原点位置	
4	ロール角	
5	ピッチ角	
d、d a、d c、d i、d i a、d i b	方位角	
	旋回角速度	

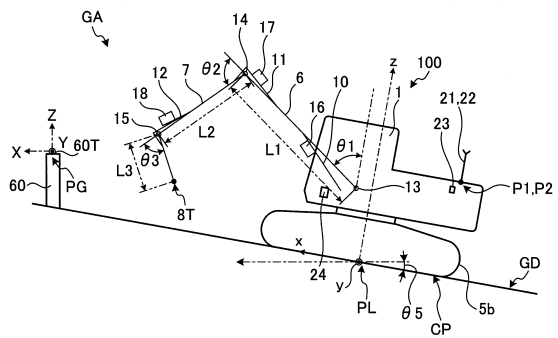
【図 1】



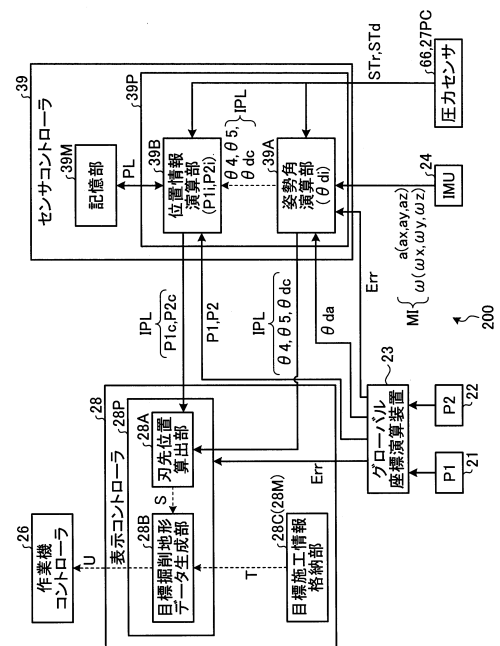
【図 2】



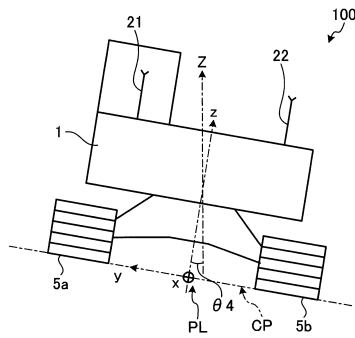
【図 3】



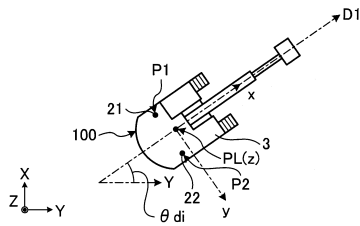
【図 5】



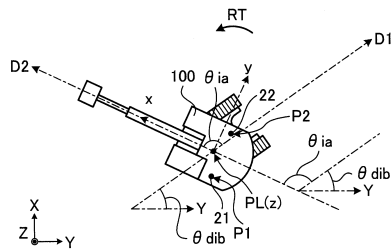
【図 4】



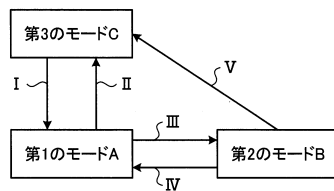
【図 6】



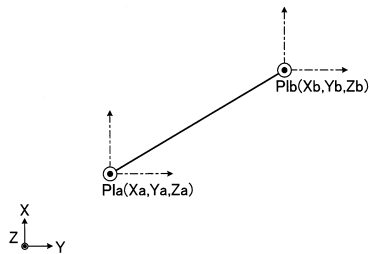
【図 7】



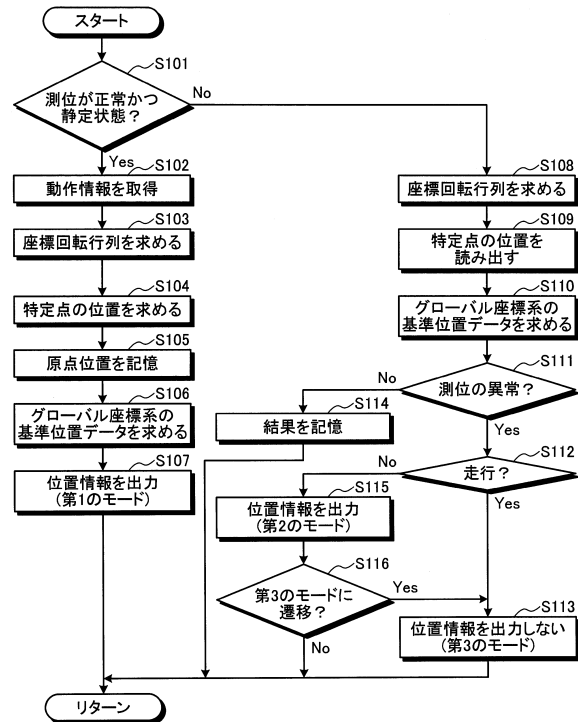
【図 9】



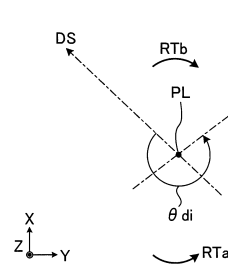
【図 10】



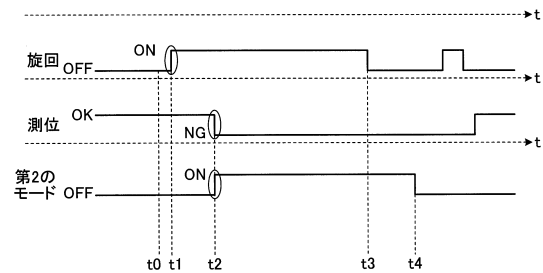
【図 8】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 0 1 S 19/47

(56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 1 2 5 5 8 0 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 2 0 5 9 5 5 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 5 / 0 0 8 0 5 5 9 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 1 C 1 / 0 0 - 1 / 1 4
G 0 1 C 5 / 0 0 - 1 5 / 1 4
E 0 2 F 9 / 2 0
G 0 1 S 1 9 / 1 4
G 0 1 S 1 9 / 2 3
G 0 1 S 1 9 / 4 7