

(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 1

<b>GO 1 C</b>	<b>15/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO 1 C	15/00	1 O 2 C
<b>E02F</b>	<b>9/20</b>	<b>(2006.01)</b>	E 02 F	9/20	N
<b>GO 1 S</b>	<b>19/14</b>	<b>(2010.01)</b>	GO 1 C	15/00	1 O 4 D
<b>GO 1 S</b>	<b>19/23</b>	<b>(2010.01)</b>	GO 1 S	19/14	
<b>GO 1 S</b>	<b>19/47</b>	<b>(2010.01)</b>	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)

(22) 出願日

平成28年5月9日(2016.5.9)

(62) 分割の表示

特願2015-528784(P2015-528784)

の分割

原出願日

平成27年5月29日(2015.5.29)

(65) 公開番号

特開2016-224038(P2016-224038A)

(43) 公開日

平成28年12月28日(2016.12.28)

審査請求日

平成28年11月14日(2016.11.14)

(73) 特許権者 000001236

株式会社小松製作所

東京都港区赤坂二丁目3番6号

(74) 代理人 110002147

特許業務法人酒井国際特許事務所

(72) 発明者 上 義樹

神奈川県平塚市万田1200 株式会社小  
松製作所 開発本部内

(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 真岩 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、

20

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【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】

G P S (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】

【特許文献 1】特開 2004 - 125580 号公報

40

【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、G P S 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 G P S 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、G P S 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を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】

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。20

【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を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】

10

20

30

40

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。

【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 29 及び操作装置 25 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。

#### 【0027】

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 100 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。

#### 【0028】

油圧ショベル 100 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つてもよい。このような形態の油圧ショベル 100 としては、例えば、ホイール式油圧ショベルがある。

#### 【0029】

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 100 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 100 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。

#### 【0030】

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 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 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。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 が取り付けられている。バケット 8 は、バケットピン 15 を中心として回動する。バケット 8 は、バケットピン 15 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。

#### 【0031】

バケット 8 は、複数の刃 8 B を有していないなくてもよい。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つてもよい。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 100 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。

#### 【0032】

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 10 はブーム 6 を駆動して、昇降させる。アームシリンダ 11 は、アーム 7 を駆動して、アームピン 14 の周りを回動させる。バケットシリンダ 12 は、バケット 8 を駆動して、バケットピン 15 の周りを回動させる。

#### 【0033】

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 等の油圧シリンダと図 2 に示される油圧ポンプ 36、37 及び方向制御弁 64 との間には、図 2 に示される方向制御弁 64 が設けられている。方向制御弁 64 は、油圧ポンプ 36、37 からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 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 64 は、油圧モータ 5c を駆動するための走行用方向制御弁と、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 並びに上部旋回体 3 を旋回させる旋回モータ 38 を制御するための作業機用方向制御弁とを含む。

#### 【0034】

操作装置 25 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 64 のスプールを動作させると、方向制御弁 64 から流出する作動油の流量が調整されて、油圧ポンプ 36、37 からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12、旋回モータ 38 又は油圧モータ 5c 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 10、アームシリンダ 11 及びバケットシリンダ 12 等の動作が制御される。10

#### 【0035】

また、図 2 に示される作業機コントローラ 26 が、図 2 に示される制御弁 27 を制御することにより、操作装置 25 から方向制御弁 64 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 64 からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12 又は旋回モータ 38 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 26 は、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12 及び上部旋回体 3 の動作を制御することができる。

#### 【0036】

上部旋回体 3 の上部には、アンテナ 21、22 が取り付けられている。アンテナ 21、22 は、油圧ショベル 100 の現在位置を検出するために用いられる。アンテナ 21、22 は、図 2 に示されるグローバル座標演算装置 23 と電気的に接続されている。グローバル座標演算装置 23 は、油圧ショベル 100 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 23 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 100 の現在位置を検出する。以下の説明において、アンテナ 21、22 を、適宜 G N S S アンテナ 21、22 と称する。G N S S アンテナ 21、22 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 23 に入力される。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 G N S S アンテナ 21、22 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。2030

#### 【0037】

G N S S アンテナ 21、22 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 100 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 21、22 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 21、22 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 21、22 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 100 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 21、22 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 アンテナ 21、22 は、機械室 3 E G の後方に配置されたカウンタウェイトの上に配置されてもよい。40

#### 【0038】

図 2 に示すように、油圧ショベル 100 の油圧システム 300 は、エンジン 35 と、油圧ポンプ 36、37 を備える。油圧ポンプ 36、37 は、エンジン 35 によって駆動され、作動油を吐出する。油圧ポンプ 36、37 から吐出された作動油は、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 とに供給される。また、油圧ショベル 100 は、旋回モータ 38 を備える。旋回モータ 38 は、油圧モータであり、油圧ポンプ 36、37 から吐出された作動油によって駆動される。旋回モータ 38 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 36、37 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。

#### 【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。20

#### 【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 25 L の操作量に応じて左操作レバー 25 L 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、旋回操作信号 M R として作業機コントローラ 26 へ送信する。

#### 【0046】

右操作レバー 25 R が操作されることにより、操作装置 25 は、右操作レバー 25 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 64 に供給する。左操作レバー 25 L が操作されることにより、操作装置 25 は、左操作レバー 25 L の操作量に応じた大きさのパイロット油圧を制御弁 27 に供給する。このパイロット油圧によって、方向制御弁 64 のスプールが移動する。

10

#### 【0047】

パイロット油路 450 には、制御弁 27 が設けられている。右操作レバー 25 R 及び左操作レバー 25 L の操作量は、パイロット油路 450 に設置される圧力センサ 66 によって検出される。圧力センサ 66 が検出したパイロット油圧は、作業機コントローラ 26 に入力される。作業機コントローラ 26 は、入力されたパイロット油圧に応じた、パイロット油路 450 の制御信号 N を制御弁 27 に出力して、パイロット油路 450 を開閉する。

#### 【0048】

操作装置 25 は、走行用レバー 25 F L、25 F R を有する。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ので、油圧ポンプ 36 から、減圧された作動油が方向制御弁 64 に供給され、パイロット油路 450 内の作動油の圧力に基づき方向制御弁 64 のスプールが駆動される。すると、油圧ショベル 100 の走行装置 5 が備える油圧モータ 5c、5c に、油圧ポンプ 36、37 から作動油が供給され、走行可能となる。パイロット油路 450 内の作動油の圧力、すなわちパイロット圧は、圧力センサ 27 PC によって検出される。

20

#### 【0049】

油圧ショベル 100 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 25 F L、25 F R を操作する。オペレータによる走行用レバー 25 F L、25 F R の操作量は圧力センサ 27 PC で検出されて、作業機コントローラ 26 へ操作信号 M D として出力される。

#### 【0050】

30

左操作レバー 25 L 及び右操作レバー 25 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 26 は、これらの検出値に基づいて方向制御弁 64 及び制御弁 27 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 25 L 及び右操作レバー 25 R は、電気方式であってもよい。

#### 【0051】

制御システム 200 は、第 1 ストロークセンサ 16 と第 2 ストロークセンサ 17 と第 3 ストロークセンサ 18 とを有する。例えば、第 1 ストロークセンサ 16 はブームシリンダ 10 に、第 2 ストロークセンサ 17 はアームシリンダ 11 に、第 3 ストロークセンサ 18 はバケットシリンダ 12 に、それぞれ設けられる。第 1 ストロークセンサ 16 は、ブームシリンダ 10 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 39 に出力する。第 2 ストロークセンサ 17 は、アームシリンダ 11 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 39 に出力する。第 3 ストロークセンサ 18 は、バケットシリンダ 12 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 39 に出力する。

40

#### 【0052】

作業機コントローラ 26 は、C P U (Central Processing Unit) 等のプロセッサである処理部 26 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 26 M とを有する。作業機コントローラ 26 は、図 2 に示される圧力センサ 66 の検出値に基づいて、制御弁 27 及び介入弁 27 C を制御する。

#### 【0053】

図 2 に示される方向制御弁 64 は、例えば比例制御弁であり、操作装置 25 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 64 は、ブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12 及び旋回モータ 38 等の油圧アクチュエータと、油圧ポンプ 36、37との間に配置される。方向制御弁 64 は、油圧ポンプ 36、37からブームシリンダ 10、アームシリンダ 11、バケットシリンダ 12 及び旋回モータ 38 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 21 は、自身の位置を示す基準位置データ P1 を測位衛星から受信する。G N S S アンテナ 22 は、自身の位置を示す基準位置データ P2 を測位衛星から受信する。G N S S アンテナ 21、22 は、所定の周期で基準位置データ P1、P2 を受信する。基準位置データ P1、P2 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 21、22 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 23 に入力される。G N S S アンテナ 21、22 は、基準位置データ P1、P2 を受信する毎に、グローバル座標演算装置 23 に出力する。

10

#### 【 0 0 5 5 】

グローバル座標演算装置 23 は、グローバル座標系で表される 2 つの基準位置データ P1、P2（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 23 は、2 つの基準位置データ P1、P2 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 P1、P2 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 P1、P2 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 21、22 により G P S コンパスを構成し、旋回体方位データ Q を得るようにしてよい。つまり、両方の G N S S アンテナ 21、22 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 21、22 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 100 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 23 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 23 は、所定の周期で G N S S アンテナ 21、22 から 2 つの基準位置データ P1、P2 を取得する。グローバル座標演算装置 23 は、取得した 2 つの基準位置データ P1、P2 から、旋回体方位データ Q である油圧ショベル 100 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 23 は、2 つの基準位置データ P1、P2 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 39 に出力する。

30

#### 【 0 0 5 8 】

表示コントローラ 28 は、C P U 等のプロセッサである処理部 28 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 28 M とを有する。表示コントローラ 28 は、表示部 29 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 39 から得られる油圧ショベル 100 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 29 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 29 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 29 に隣接して、スイッチ 29 S が設置されている。スイッチ 29 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 29 にタッチパネルを用いる場合、スイッチ 29 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ー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 I PL 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ョベル 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ョベル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み。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、油圧ショベル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、油圧ショベル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、油圧ショベル100が備える作業機2の掘削対象の掘削後における仕上が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を示す。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。アーネスト50

ム7の長さL2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L3は、バケットピン15からバケット8の刃先8Tまでの長さに相当する。刃先8Tは、図1に示す刃8B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PL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L1、L2、L3、傾斜角1、2、3及び原点位置PLを用いて、原点位置PL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8T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8Tとの距離及びバケット8の刃先8T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8T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25L又は右操作レバー25R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GNSSアンテナ21、22の基準位置データP1、P2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PG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PGは、例えば、作業エリアGAに設置された基準杭60の先端60T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、GNSS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。実施形態において、原点位置PL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5a、5b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5a、5b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5a、5b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PL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PLと一致していてもよいし、一致していないてもよい。ローカル座標系の原点位置PL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PLとしてもよい。原点位置PLは、z軸上、かつ上部旋回体3が旋回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PL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PL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】

10

20

30

40

50

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は、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とする制御である。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 >

10

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】

20

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 X R 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 d である。刃先位置算出部 28A は、旋回中心位置データ X R と作業機 2 の傾斜角 1、2、3 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。

30

#### 【0080】

40

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】

50

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

演算部39Aには、IMU24の検出値である加速度 $a$ ( $a_x$ 、 $a_y$ 、 $a_z$ )及び角速度( $x$ 、 $y$ 、 $z$ )、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体方位データ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つ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、IMU24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、IMU24が検出したz軸周りの旋回角速度 $\omega$ 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、IMU24が検出したz軸周りの旋回角速度 $\omega$ 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 $P_{1i}$ 、 $P_{2i}$ 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 $P_{1c}$ 、 $P_{2c}$ として出力する。基準位置データ $P_{1i}$ 、 $P_{2i}$ は、グローバル座標演算装置23の状態が異常となる前ににおける原点位置PL及びIMU24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 $P_{1i}$ 、 $P_{2i}$ は、次のようにして求められる。基準位置データ $P_{1i}$ 、 $P_{2i}$ は、IMU24の検出値である加速度 $a$ ( $a_x$ 、 $a_y$ 、 $a_z$ )及び角速度( $x$ 、 $y$ 、 $z$ )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 $d_c$

10

20

30

40

50

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  $d_a$  又は方位角  $d_a$  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。10

#### 【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。2030

#### 【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。40

#### 【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 250

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で、疑似不動点がその支点にあれば、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もできない場合でも、疑似不動点が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があるので、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、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。10

#### 【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。20

#### 【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。30

#### 【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。40

#### 【0095】

$$R_{f1} - R_{a1} = C_{1b} (R_{fb} - R_{ab}) \dots (1)$$

$$R_{f1} = C_{1b} (R_{fb} - R_{ab}) + R_{a1} \dots (2)$$

$$R_{a1c} = C_{1b} (R_{ab} - R_{fb}) + R_{f1} \dots (3)$$

ここで、

R<sub>fb</sub> : 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値

R<sub>ab</sub> : 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値

50

R f 1 : 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 1 : 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 1 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、油圧ショベル 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、油圧ショベル 1 0 0 の設計寸法に基づくものでもよいが、油圧ショベル 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 sin 4、s y は sin 5、s z は sin d i、c x は cos 4、c y は cos 5、c z は cos d i である。

#### 【 数 1 】

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

10

20

#### 【 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。

30

#### 【 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 によって油圧ショベル 1 0 0 の方位 D 1 が定まる。

40

#### 【 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 1 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 1 とを式（2）に与えて、グローバル

50

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 f 1 を求める。以下において、計算値 R f 1 を、適宜正常時原点位置 R f 1 と称する。位置情報演算部 39B は、求めた正常時原点位置 R f 1 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ョベル 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、IMU 24 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 i b 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 i a 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。

#### 【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 f 1 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 f 1 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 a 1c を求める。位置情報演算部 39B は、位置ベクトルの計算値 R a 1c 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。

#### 【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、旋回中的方位角 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 の状態から油圧ショベル 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 i b 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 を時間で積分することにより、方位 D 1 からの方位角 d i a （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 i a 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 i b とを加算し、得られた値を旋回中的方位角 d i とする。方位角 d i によって、旋回中における油圧ショベル 100 の方位 D 2 が定まる。

#### 【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において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 を備える油圧ショベル 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 I PL を生成する処理を説明する。

#### 【0104】

10

20

30

40

50

## &lt;位置情報 I P L を生成する処理&gt;

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 S101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 による測位が正常かつ油圧ショベル 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】

油圧ショベル 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 25FL 及び走行用レバー 25FR の少なくとも一方が O N である場合は、油圧ショベル 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 25FL 及び走行用レバー 25FR の両方が O F F である場合には、油圧ショベル 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 25L 及び右操作レバー 25R のパイロット圧を検出する圧力センサ 66 の検出値 STr 及び走行用レバー 25FL 及び走行用レバー 25FR のパイロット圧を検出する圧力センサ 27PC の検出値 STd に基づいて判定される。圧力センサ 66、27PC の検出値 STr、STd 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 39P は、非静定状態であると判定する。圧力センサ 66、27PC の検出値 STr、STd 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 39P 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 39P は、圧力センサ 66、27PC の検出値 STr、STd を用いて油圧ショベル 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、27PC の検出値を用いる方法に限定されない。左操作レバー 25L、右操作レバー 25R、走行用レバー 25FL 及び走行用レバー 25FR の操作量が、ポテンショメータ又はホール IC 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 39P は、ポテンショメータ又はホール IC の出力値を用いて油圧ショベル 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 39P は、IMU 24 の検出値を用いて、油圧ショベル 100 の静定状態と非静定状態とを判定してもよい。例えば、IMU 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 39P は、油圧ショベル 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ョベル 100 が静定状態である場合(ステップ S101、Yes)、センサコントローラ 39 の姿勢角演算部 39A は50

、ステップS102において、IMU24から動作情報MIを取得する。姿勢角演算部39A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39Bに出力する。

#### 【0109】

ステップS103において、位置情報演算部39B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C1bを求める。ステップS104において、位置情報演算部39Bは、座標回転行列C1bと、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に基づくGNSSアンテナ21、22の位置ベクトルの測定値Ra1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S105において、位置情報演算部39Bは、求めた原点位置PLを記憶部39Mに記憶させる。10

#### 【0110】

ステップS106において、位置情報演算部39Bは、グローバル座標系における基準位置データP1c、P2cを求め、ステップS107において表示コントローラ28の刃先位置算出部28A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28Aに出力される基準位置データP1c、P2c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である。ステップS107は、第1のモードに相当する。ステップS107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。20

#### 【0111】

ステップS101に戻り、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が非静定状態である場合、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ョベル100が非静定状態である場合、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が静定状態である場合(ステップS101、No)、位置情報演算部39Bは、ステップS108において姿勢角演算部39A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39Mに記憶されている方位角dibと、から座標回転行列C1bを求める。位置情報演算部39Bが座標回転行列C1bを求める際に用いる方位角di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C1b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23とセンサコントローラ39との間の通信時間及びセンサコントローラ39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S109において、位置情報演算部39Bは、センサコントローラ39の記憶部39M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39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を記憶部39Mに記憶している。ステップS109において、位置情報演算部39B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を読み出す。ステップS109での所定時間は、ステップS108の所定時間と同様である。40

#### 【0113】

ステップS108とステップS109とでは、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39Bは、グローバル座標演算装置23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S110において、位置情報演算部39Bは、ステップS108で求めた座標

50

回転行列 C 1 b とステップ S 1 0 9 で読み出した原点位置 P L 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 P 1 i 、 P 2 i を求める。次に、ステップ S 1 1 1において、センサコントローラ 3 9 の処理部 3 9 P は、グローバル座標演算装置 2 3 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。

#### 【0 1 1 5】

グローバル座標演算装置 2 3 による測位が異常である場合(ステップ S 1 1 1、 Yes )、ステップ S 1 1 2 において、センサコントローラ 3 9 の処理部 3 9 P は、油圧ショベル 1 0 0 が走行しているか否かを判定する。走行用レバー 2 5 F L 及び走行用レバー 2 5 F R の少なくとも一方が ON である場合、処理部 3 9 P は、油圧ショベル 1 0 0 が走行していると判定し、走行用レバー 2 5 F L 及び走行用レバー 2 5 F R の両方が OFF である場合、油圧ショベル 1 0 0 が走行していない、すなわち停止していると判定する。10

#### 【0 1 1 6】

油圧ショベル 1 0 0 が走行している場合(ステップ S 1 1 2、 Yes )、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。油圧ショベル 1 0 0 が走行している場合、特定点(実施形態では原点位置 P L )の位置も油圧ショベル 1 0 0 とともに移動するため、移動後における原点位置 P L 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 P L とは異なる。したがって、油圧ショベル 1 0 0 が走行している場合に、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 P L 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 P 1 i 、 P 2 i は、走行している油圧ショベル 1 0 0 の実際の基準位置データ P 1 、 P 2 とは異なる。20

#### 【0 1 1 7】

位置情報演算部 3 9 B 及び姿勢角演算部 3 9 A は、油圧ショベル 1 0 0 が走行している場合、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。このような処理により、表示コントローラ 2 8 の刃先位置算出部 2 8 A 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 2 8 B 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 2 6 及び表示コントローラ 2 8 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 2 9 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 2 0 0 は、油圧ショベル 1 0 0 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

#### 【0 1 1 8】

ステップ S 1 1 3 は、第 3 のモードに相当する。ステップ S 1 1 3 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。

#### 【0 1 1 9】

ステップ S 1 1 1 に戻り、グローバル座標演算装置 2 3 による測位が異常でない、すなわち正常である場合(ステップ S 1 1 1、 No )、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 1 4 において、ステップ S 1 0 8 で得られた方位角 d i 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 をセンサコントローラ 3 9 の記憶部 3 9 M に記憶する。ステップ S 1 1 4 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。40

#### 【0 1 2 0】

ステップ S 1 1 1 においてグローバル座標演算装置 2 3 による測位が正常である場合、ステップ S 1 1 4 において、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 で No と判定される時点よりも前の原点位置 P L を用いてグローバル座標系における基準位置データ P 1 i 、 P 2 i を求めるのみである。

#### 【0 1 2 1】

次に、ステップ S 1 1 2 に戻り、油圧ショベル 1 0 0 が走行していない場合(ステップ

50

S 1 1 2、No)、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 di (dc) 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。

#### 【0122】

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、Yes)、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、No)、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。

10

#### 【0123】

<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)。

20

#### 【0124】

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  $t_{c2}$  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、60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  $t_{c2}$  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、IMU 2 4、圧力センサ 6 6、27PC、68、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、GNSS 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。

30

(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

40

50

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】

10

20

30

40

50

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、IMU24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、IMU24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IMU24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つたため第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つた場合を説明する。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つた場合、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

10

20

30

40

50

c、P2c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。

#### 【0134】

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25L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<sub>c</sub>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<sub>c</sub>は限定されるものではないが、例えば0.03秒である。左操作レバー25L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<sub>c</sub>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<sub>d</sub>は限定されるものではないが、例えば1.5秒である。10

#### 【0135】

制御システム200は、RTK-GNSSによる測位の結果を用いて位置情報IPL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PL及び方位角dを用いて位置情報IPLを求める第2のモードと、位置情報IPLを出力しない第3のモードとで動作する。制御システム200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、油圧ショベル100の動作を検出する機器及び油圧ショベル100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ョベル100が走行する状態等によって、制御システム200が求めた位置と油圧ショベル100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200は、第3のモードにより位置情報IPLを出力しない。このため、作業機コントローラ26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28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200は、油圧ショベル100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

#### 【0136】

制御システム200は、RTK-GNSSによる測位が正常である場合に、IMU24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21、22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、IMU24が出力する方位角d<sub>i</sub>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23によって得られた基準位置データP1、P2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200は、上部旋回体3が旋回している際ににおいて、第2のモードで求めた基準位置データP1<sub>i</sub>、P2<sub>i</sub>の精度の低下を抑制できる。30

#### 【0137】

油圧ショベル100が、GNSSアンテナ21、22及びグローバル座標演算装置23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200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P1<sub>i</sub>、P2<sub>i</sub>を求めてよい。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39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P1、P2を用いて得られた方位角d<sub>i</sub><sub>b</sub>を記憶部39Mに記憶する必要はないので、処理の負荷を抑制し、記憶部39Mが方位角d<sub>i</sub><sub>b</sub>を記憶する分の記憶容量を低減できる。40

#### 【0138】

実施形態において、制御システム200の表示コントローラ28は、図2に示される表示部29に、センサコントローラ39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da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。10

#### 【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。20

#### 【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。30

#### 【符号の説明】

#### 【0142】

1 車両本体

40

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

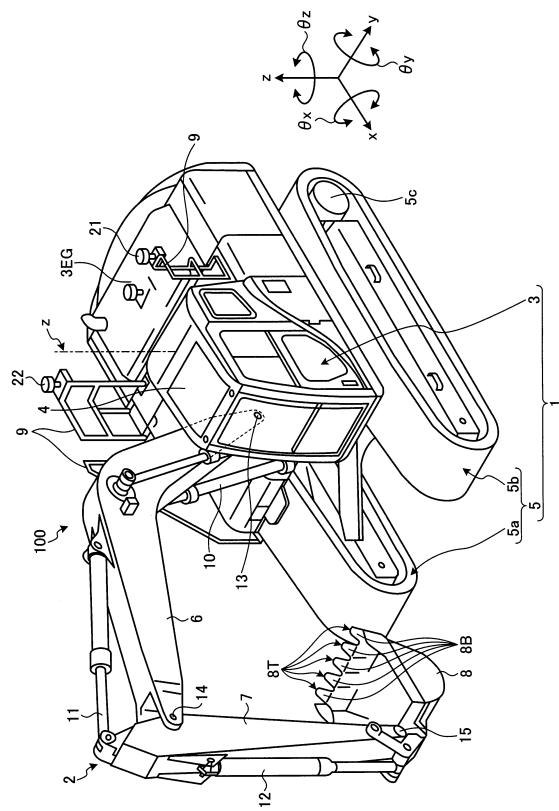
8B 刃

8T 刃先

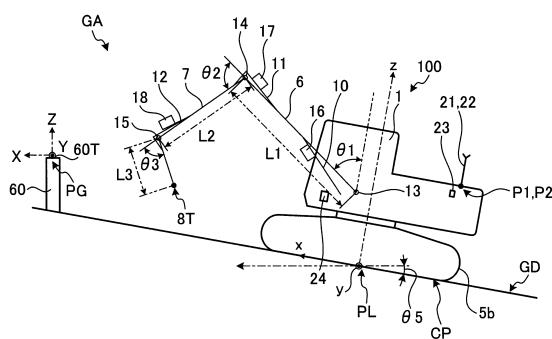
50

2 1、 2 2 アンテナ ( G N S S 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 油圧ショベル	
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	

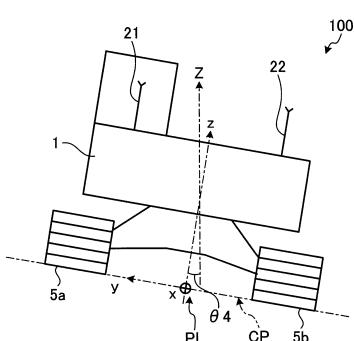
【図1】



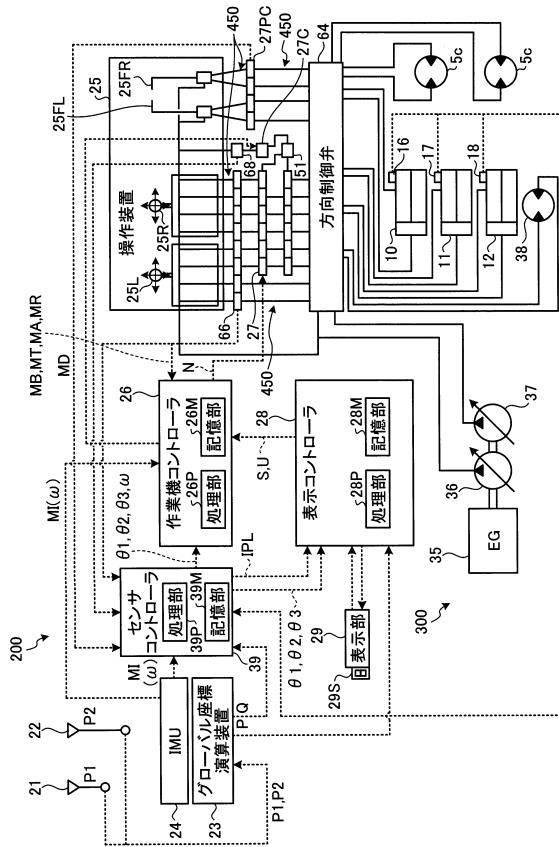
【図3】



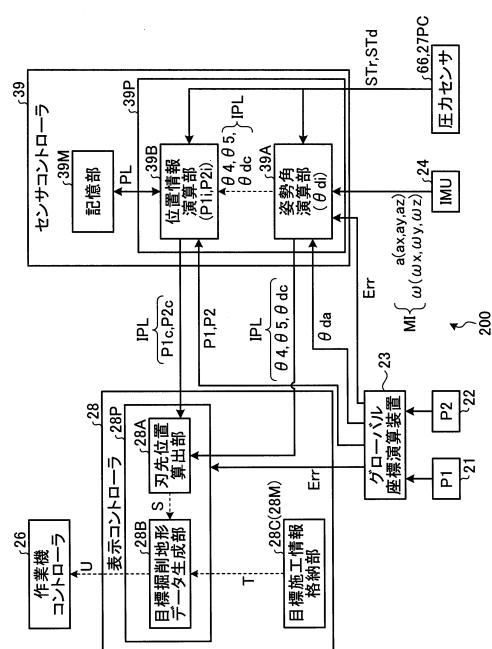
【 四 4 】



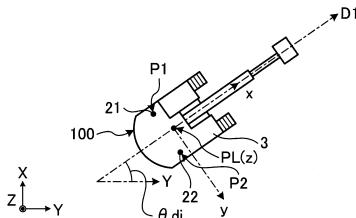
【 叁 2 】



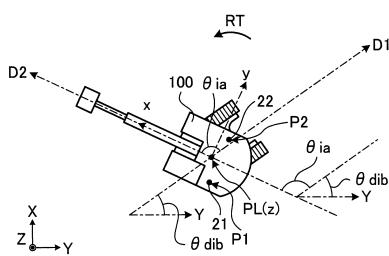
【図5】



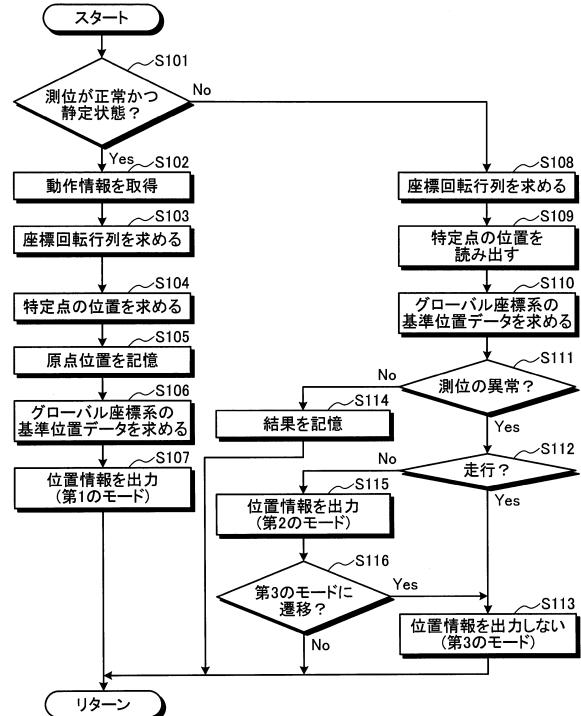
【図 6】



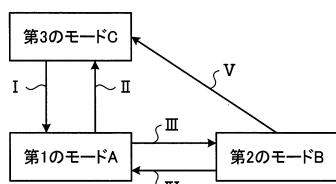
【図 7】



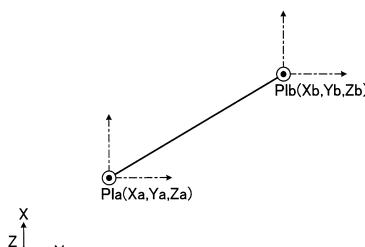
【図 8】



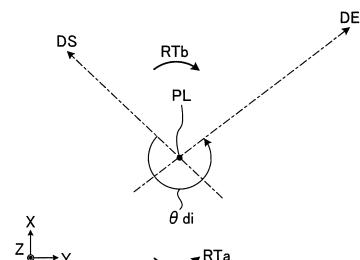
【図 9】



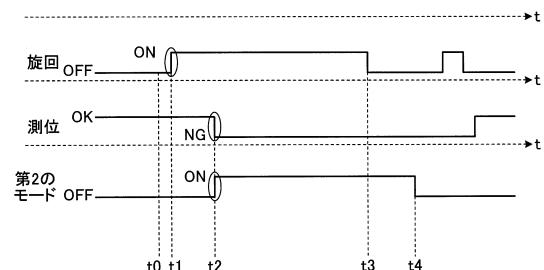
【図 10】



【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2004-125580(JP,A)  
特開2014-205955(JP,A)  
米国特許出願公開第2005/0080559(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB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