

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6781068号  
(P6781068)

(45) 発行日 令和2年11月4日(2020.11.4)

(24) 登録日 令和2年10月19日(2020.10.19)

(51) Int.Cl.

E02F 3/43 (2006.01)

F 1

E O 2 F 3/43

C

請求項の数 8 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2017-30337 (P2017-30337)	(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
(22) 出願日	平成29年2月21日 (2017.2.21)	(74) 代理人	110002147 特許業務法人酒井国際特許事務所
(62) 分割の表示	特願2016-544687 (P2016-544687) の分割	(72) 発明者	岩村 力 東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松 製作所内
原出願日	平成28年5月31日 (2016.5.31)	(72) 発明者	山本 佑平 東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松 製作所内
(65) 公開番号	特開2017-214817 (P2017-214817A)	(72) 発明者	藤井 悠人 東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松 製作所内
(43) 公開日	平成29年12月7日 (2017.12.7)		
審査請求日	令和1年5月23日 (2019.5.23)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】作業機械の制御システム、作業機械及び作業機械の制御方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

軸線を中心に回転する作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する作業機械の制御システムであって、

前記軸線と直交する平面から生成され、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状と、前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求める目標形状演算部と、

前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する作業機制御部と、を含む、

作業機械の制御システム。

10

## 【請求項 2】

前記延長目標形状を、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とするか目標としないかを決定する決定部を有し、

前記作業機制御部は、

前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされた場合には、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御し、

前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされない場合には、前記作業具と前記制御目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する、

20

請求項 1 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 3】

前記決定部は、

前記作業具と制御目標形状との重なり、前記作業具と制御目標形状との距離、前記作業具の姿勢及び前記作業機の操作状態に基づいて、前記延長目標形状を、前記作業具を停止させる際の目標とするか目標としないかを決定する、

請求項 2 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 4】

前記決定部は、

前記作業具を停止させる際の目標を前記延長目標形状とする決定をする場合の前記重なりの大きさを、目標としない決定をする場合の前記重なりの大きさよりも大きくする、

請求項 3 に記載の作業機械の制御システム。

【請求項 5】

前記作業具に設定された規定点の位置データを求める規定点位置データ演算部と、前記規定点を通り前記軸線と直交する動作平面を求める動作平面算出部と、を有し、前記目標形状演算部は、

前記作業機械の施工対象の目標形状を示す目標施工形状と前記動作平面とが交差する部分を前記制御目標形状とし、前記制御目標形状と平行に前記制御目標形状を延長した部分を前記延長目標形状とする、

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の作業機械の制御システム。

10

【請求項 6】

上部旋回体と、

前記上部旋回体を支持する下部走行体と、

第 1 の軸を中心に回転するブームと第 2 の軸を中心に回転するアームと第 3 の軸を中心に回転するバケットとを含み、前記上部旋回体に支持される作業機と、

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の作業機械の制御システムと、を含み、

前記作業具は前記バケット、前記アーム、前記ブーム及び前記上部旋回体の少なくとも 1 つである、作業機械。

【請求項 7】

前記作業具は前記バケットであり、前記軸線は前記第 3 の軸と直交する、

請求項 6 に記載の作業機械。

30

【請求項 8】

軸線を中心に回転する作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する作業機械の制御方法であって、

前記軸線と直交する平面から生成され、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状と、前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求めることと、

前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御することと、を含む、

作業機械の制御方法。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明は、作業機械の制御システム、作業機械及び作業機械の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 に開示されているような、チルト式バケットを作業具として有する作業機を備える作業機械が知られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

50

【特許文献 1】国際公開第 2015 / 186179 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

作業機械の制御に係る技術分野において、作業機械のオペレータによる操作レバーの操作に介入して、施工対象の目標形状を示す目標施工形状にバケットが侵入しないようにバケットを停止させたり、目標施工形状にバケットが侵入した場合には目標施工形状に侵入しない位置までバケットを移動させたりする、作業機制御が知られている。作業機制御が実行されることにより、バケットが目標施工形状を超えてしまうことが抑制され、目標施工形状に沿った施工が実現される。

10

【0005】

例えば、法面の肩部等は 2 つの面が接続しているが、このような部分を施工する場合、バケットをチルト動作させることによって一方の面にバケットの刃先を位置決めしたいという要請がある。法面の肩部等は、2 つの面が接続する部分で目標施工形状が不連続になる。このように、目標施工形状に不連続な部分があると、不連続である部分に対して、バケットを位置決めしたい面の反対側の面までバケットがチルト動作することがある。その結果、作業具であるバケットを位置決めしたい目標施工形状に位置決めできない可能性がある。

【0006】

本発明の態様は、作業機械の施工対象の目標施工形状に作業具を位置決めできるようにすることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第 1 の態様に従えば、軸線を中心に回転する作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する作業機械の制御システムであって、前記作業機械の施工対象の目標形状を示す目標施工形状を生成する目標施工形状生成部と、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状を前記目標施工形状から求め、かつ前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求める目標形状演算部と、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する作業機制御部と、を含む、作業機械の制御システムが提供される。

30

【0008】

本発明の第 2 の態様に従えば、第 1 の態様において、前記延長目標形状を、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とするか目標としないかを決定する決定部を有し、前記作業機制御部は、前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされた場合には、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御し、前記決定部によって、前記延長目標形状が、前記作業機制御部が前記作業具の回転を制御する際の目標とされない場合には、前記作業具と前記制御目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御する作業機械の制御システムが提供される。

40

【0009】

本発明の第 3 の態様に従えば、第 2 の態様において、前記決定部は、前記作業具と目標施工形状との重なり、前記作業具と目標施工形状に対応する前記停止地形との距離、前記作業具の姿勢及び前記作業機の操作状態に基づいて、前記延長目標形状を、前記作業具を停止させる際の目標とするか目標としないかを決定する作業機械の制御装置が提供される。

【0010】

本発明の第 4 の態様に従えば、第 3 の態様において、前記決定部は、前記作業具を停止させる際の目標を前記延長目標形状とする決定をする場合の前記重なりの大きさを、目標としない決定をする場合の前記重なりの大きさよりも大きくする作業機械の制御システム

50

が提供される。

【0011】

本発明の第5の態様に従えば、第1の態様から第4の態様のいずれか1つにおいて、前記作業具に設定された規定点の位置データを求める規定点位置データ演算部と、前記規定点を通り前記軸線と直交する動作平面を求める動作平面算出部と、を有し、前記停止地形算出部は、前記目標施工形状と前記動作平面とが交差する部分を前記制御目標形状とし、前記制御目標形状と平行に前記制御目標形状を延長した部分を前記延長目標形状とする作業機械の制御システムが提供される。

【0012】

本発明の第6の態様に従えば、上部旋回体と、前記上部旋回体を支持する下部走行体と、第1の軸を中心に回転するブームと第2の軸を中心に回転するアームと第3の軸を中心に回転するバケットとを含み、前記上部旋回体に支持される作業機と、第1の態様から第5の態様のいずれか1つに係る作業機械の制御システムと、を含み、前記作業具は前記バケット、前記アーム、前記ブーム及び前記上部旋回体の少なくとも1つである作業機械が提供される。

【0013】

本発明の第7の態様に従えば、第6の態様において、前記作業具は前記バケットであり、前記軸線は前記第3の軸と直交する作業機械が提供される。

【0014】

本発明の第8の態様に従えば、軸線を中心に回転する作業具を有する作業機を備える作業機械を制御する作業機械の制御方法であって、前記作業機械の施工対象の目標形状を示す目標施工形状を生成することと、前記作業具の回転を制御する際の目標となる形状である制御目標形状を前記目標施工形状から求め、かつ前記制御目標形状を延長した延長目標形状を求ることと、前記作業具と前記制御目標形状及び前記延長目標形状との距離に基づいて、前記軸線を中心とする前記作業具の回転を制御することと、を含む、作業機械の制御方法が提供される。

【0015】

本発明の態様によれば、作業機械の施工対象の目標施工形状に作業具を位置決めできる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態に係る作業機械の一例を示す斜視図である。

【図2】本実施形態に係るバケットの一例を示す側断面図である。

【図3】本実施形態に係るバケットの一例を示す正面図である。

【図4】油圧ショベルを模式的に示す側面図である。

【図5】油圧ショベルを模式的に示す背面図である。

【図6】油圧ショベルを模式的に示す平面図である。

【図7】バケットを模式的に示す側面図である。

【図8】バケットを模式的に示す正面図である。

【図9】チルトシリンダを動作させる油圧システムの一例を模式的に示す図である。

【図10】本実施形態に係る作業機械の制御システムの一例を示す機能ブロック図である。

【図11】本実施形態に係るバケットに設定される規定点の一例を模式的に示す図である。

【図12】本実施形態に係る目標施工データの一例を示す模式図である。

【図13】本実施形態に係る目標施工形状の一例を示す模式図である。

【図14】本実施形態に係るチルト動作平面の一例を示す模式図である。

【図15】本実施形態に係るチルト動作平面の一例を示す模式図である。

【図16】本実施形態に係るチルト停止制御を説明するための模式図である。

【図17】チルトバケットのチルト回転を動作距離に基づき停止させるため、動作距離と

10

20

30

40

50

制限速度との関係の一例を示す図である。

【図18】バケットを移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図19】バケットを移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図20】バケットを移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図21】本実施形態に係る停止制御を説明するための図である。

【図22】本実施形態に係る停止制御を説明するための図である。

【図23】バケットを移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。 10

【図24】バケットを移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図25】バケットを移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。

【図26】バケットが空中で停止することを説明するための図である。

【図27】バケットを目標施工形状に位置決めした状態を示す図である。

【図28】バケットと目標施工形状との重なりによって、延長停止地形を、バケットを停止させる際の目標とするか否かを決定する例を説明するための図である。

【図29】バケットと目標施工形状との重なりによって、延長停止地形を、バケットを停止させる際の目標とするか否かを決定する例を説明するための図である。 20

【図30】車体座標系におけるバケットと目標施工形状とを示す図である。

【図31】決定部の制御プロック図である。

【図32】本実施形態に係る作業機械の制御方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

本発明を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。

【0018】

以下の説明においては、グローバル座標系（Xg - Yg - Zg座標系）及び車体座標系（X - Y - Z座標系）を設定して各部の位置関係について説明する。グローバル座標系とは、全地球測位システム（Global Positioning System: GPS）のような全地球航法衛星システム（Global Navigation Satellite System: GNSS）により規定される絶対位置を示す座標系である。車体座標系とは、作業機械の基準位置に対する相対位置を示す座標系である。 30

【0019】

本実施形態において、停止制御は、作業機と作業機械の施工対象の目標施工形状との距離に基づいて、作業機の少なくとも一部の動作を停止させる制御をいう。例えば、作業機が有するバケットがチルト方式のバケットである場合、停止制御は、バケットと目標施工形状との距離に基づいて、バケットのチルト動作を停止させる制御が挙げられる。バケットのチルト動作を停止させる停止制御を適宜、チルト停止制御と称する。 40

【0020】

【作業機械】

図1は、本実施形態に係る作業機械の一例を示す斜視図である。本実施形態においては、作業機械が油圧ショベル100である例について説明する。作業機械は、油圧ショベル100に限定されない。

【0021】

図1に示されるように、油圧ショベル100は、油圧により動作する作業機1と、作業機1を支持する車体である上部旋回体2と、上部旋回体2を支持する走行装置である下部走行体3と、作業機1を操作するための操作装置30と、作業機1を制御する制御装置50とを備える。上部旋回体2は、下部走行体3に支持された状態で旋回軸RXを中心に旋 50

回可能である。

【0022】

上部旋回体2は、オペレータが搭乗する運転室4と、エンジン及び油圧ポンプが収容される機械室5とを有する。運転室4は、オペレータが着座する運転席4Sを有する。機械室5は、運転室4の後方に配置される。

【0023】

下部走行体3は、一対の履帯3Cを有する。履帯3Cの回転により、油圧ショベル100が走行する。下部走行体3がタイヤを有してもよい。

【0024】

作業機1は、上部旋回体2に支持される。作業機1は、ブームピンを介して上部旋回体2に連結されるブーム6と、アームピンを介してブーム6に連結されるアーム7と、バケットピン及びチルトピンを介してアーム7に連結されるバケット8とを有する。バケット8は、刃8Cを有する。刃8Cは、バケット8の先端、すなわちバケットピンで連結されている部分から離れた部分に設けられた、板状の部材である。刃8Cの刃先9は、刃8Cの先端部であり、本実施形態では直線状の部分である。バケット8に複数の凸形状の刃が設けられている場合、刃先9は、凸形状の刃の先端部となる。

10

【0025】

ブーム6は、第1の軸であるブーム軸AX1を中心に上部旋回体2に対して回転可能である。アーム7は、第2の軸であるアーム軸AX2を中心にブーム6に対して回転可能である。バケット8は、第3の軸であるバケット軸AX3及びバケット軸AX3に平行な軸と直交する軸線であるチルト軸AX4のそれぞれを中心にアーム7に対して回転可能である。バケット軸AX3とチルト軸AX4とは互いに交差しない。

20

【0026】

ブーム軸AX1とアーム軸AX2とバケット軸AX3とは平行である。ブーム軸AX1、アーム軸AX2及びバケット軸AX3と旋回軸RXと平行な軸とは直交する。ブーム軸AX1、アーム軸AX2及びバケット軸AX3は、車体座標系のY軸と平行である。旋回軸RXは、車体座標系のZ軸と平行である。ブーム軸AX1、アーム軸AX2及びバケット軸AX3と平行な方向は、上部旋回体2の車幅方向を示す。旋回軸RXと平行な方向は、上部旋回体2の上下方向を示す。ブーム軸AX1、アーム軸AX2、バケット軸AX3及び旋回軸RXの両方と直交する方向は、上部旋回体2の前後方向を示す。運転席4Sを基準として作業機1が存在する方向が前方である。

30

【0027】

作業機1は、油圧シリンダ10が発生する力により動作する。油圧シリンダ10は、ブーム6を作動させるブームシリンダ11と、アーム7を作動させるアームシリンダ12と、バケット8を作動させるバケットシリンダ13及びチルトシリンダ14とを含む。

【0028】

作業機1は、ブームストロークセンサ16と、アームストロークセンサ17と、バケットストロークセンサ18と、チルトストロークセンサ19とを有する。ブームストロークセンサ16は、ブームシリンダ11の動作量を示すブームストロークを検出する。アームストロークセンサ17は、アームシリンダ12の動作量を示すアームストロークを検出する。バケットストロークセンサ18は、バケットシリンダ13の動作量を示すバケットストロークを検出する。チルトストロークセンサ19は、チルトシリンダ14の動作量を示すチルトストロークを検出する。

40

【0029】

操作装置30は、運転室4に配置される。操作装置30は、油圧ショベル100のオペレータに操作される操作部材を含む。オペレータは、操作装置30を操作して、作業機1を動作させる。本実施形態において、操作装置30は、左操作レバー30L及び右操作レバー30Rと、チルト操作レバー30Tと、操作ペダル30Fとを含む。

【0030】

中立位置にある右操作レバー30Rが前方に操作されると、ブーム6が下げる動作し、後

50

方に操作されると、ブーム 6 が上げ動作する。中立位置にある右操作レバー 30R が右方に操作されると、バケット 8 がダンプ動作し、左方に操作されると、バケット 8 が掻き込み動作する。

【0031】

中立位置にある左操作レバー 30L が前方に操作されると、アーム 7 が伸ばし動作し、後方に操作されると、アーム 7 が掻き込み動作する。中立位置にある左操作レバー 30L が右方に操作されると、上部旋回体 2 が右旋回し、左方に操作されると、上部旋回体 2 が左旋回する。

【0032】

なお、右操作レバー 30R 及び左操作レバー 30L の操作方向と、作業機 1 の動作方向及び上部旋回体 2 の旋回方向との関係は、上述の関係でなくてもよい。 10

【0033】

制御装置 50 は、コンピュータシステムを含む。制御装置 50 は、CPU (Central Processing Unit) のようなプロセッサと、ROM (Read Only Memory) のような不揮発性メモリ及びRAM (Random Access Memory) のような揮発性メモリを含む記憶装置と、入出力インターフェース装置とを有する。

【0034】

【バケット】

図 2 は、本実施形態に係るバケット 8 の一例を示す側断面図である。図 3 は、本実施形態に係るバケット 8 の一例を示す正面図である。本実施形態において、バケット 8 は、チルト式バケットである。チルト式バケットは、軸線であるチルト軸 AX4 を中心として動作、例えば回転するバケットである。本実施形態において、軸線を中心として回転する部材は、バケット 8 である。 20

【0035】

バケット 8 はチルト式バケットに限定されない。バケット 8 は、例えば、ローテートバケットであってもよい。ローテートバケットは、バケット軸 AX3 と垂直に交わる軸線の周りを回転するバケットである。

【0036】

図 2 及び図 3 に示されるように、バケット 8 は、バケットピン 8B を介してアーム 7 に回転可能に連結される。また、バケット 8 は、チルトピン 8T を介してアーム 7 に回転可能に支持される。バケット 8 は、接続部材 90 を介して、アーム 7 の先端部に接続される。バケットピン 8B は、アーム 7 と接続部材 90 とを連結する。チルトピン 8T は、接続部材 90 とバケット 8 とを連結する。バケット 8 は、接続部材 90 を介して、アーム 7 に回転可能に接続される。 30

【0037】

バケット 8 は、底板 81 と、背板 82 と、上板 83 と、側板 84 と、側板 85 とを含む。バケット 8 は、上板 83 の上部に設けられたブラケット 87 を有する。ブラケット 87 は、上板 83 の前後位置に設置される。ブラケット 87 は、接続部材 90 及びチルトピン 8T と連結される。

【0038】

接続部材 90 は、プレート部材 91 と、プレート部材 91 の上面に設けられたブラケット 92 と、プレート部材 91 の下面に設けられたブラケット 93 とを有する。ブラケット 92 は、アーム 7 及び第 2 リンクピン 95P と連結される。ブラケット 93 はブラケット 87 の上部に設置され、チルトピン 8T 及びブラケット 87 と連結される。 40

【0039】

バケットピン 8B は、接続部材 90 のブラケット 92 とアーム 7 の先端部とを連結する。チルトピン 8T は、接続部材 90 のブラケット 93 とバケット 8 のブラケット 87 とを連結する。接続部材 90 及びバケット 8 は、アーム 7 に対してバケット軸 AX3 を中心に回転可能である。バケット 8 は、接続部材 90 に対してチルト軸 AX4 を中心に回転可能である。 50

## 【0040】

作業機1は、第1リンクピン94Pを介してアーム7に回転可能に接続される第1リンク部材94と、第2リンクピン95Pを介してブラケット92に回転可能に接続される第2リンク部材95とを有する。第1リンク部材94の基端部が第1リンクピン94Pを介してアーム7に接続される。第2リンク部材95の基端部が第2リンクピン95Pを介してブラケット92に接続される。第1リンク部材94の先端部と第2リンク部材95の先端部とが、バケットシリンダトップピン96を介して連結される。

## 【0041】

バケットシリンダ13の先端部は、バケットシリンダトップピン96を介して、第1リンク部材94の先端部及び第2リンク部材95の先端部と回転可能に接続される。バケットシリンダ13が伸縮すると、接続部材90はバケット8と共にバケット軸AX3を中心に回転する。

10

## 【0042】

チルトシリンダ14は、接続部材90に設けられたブラケット97及びバケット8に設けられたブラケット88のそれぞれに接続される。チルトシリンダ14のロッドがピンを介してブラケット97に接続される。チルトシリンダ14の本体部がピンを介してブラケット88に接続される。チルトシリンダ14が伸縮すると、バケット8はチルト軸AX4を中心に回転する。チルトシリンダ14の接続の構造は一例であって、本実施形態の構造には限定されない。

## 【0043】

20

このように、バケット8は、バケットシリンダ13が動作することにより、バケット軸AX3を中心に回転する。バケット8は、チルトシリンダ14が動作することにより、チルト軸AX4を中心に回転する。バケット8がバケット軸AX3を中心に回転すると、チルトピン8Tはバケット8と共に回転する。

## 【0044】

## [検出システム]

次に、油圧ショベル100の検出システム400について説明する。図4は、油圧ショベル100を模式的に示す側面図である。図5は、油圧ショベル100を模式的に示す背面図である。図6は、油圧ショベル100を模式的に示す平面図である。図7は、バケット8を模式的に示す側面図である。図8は、バケット8を模式的に示す正面図である。

30

## 【0045】

図4、図5及び図6に示されるように、検出システム400は、上部旋回体2の位置を検出する位置検出装置20と、作業機1の角度を検出する作業機角度検出装置24とを有する。位置検出装置20は、上部旋回体2の位置を検出する車体位置演算器21と、上部旋回体2の姿勢を検出する姿勢演算器22と、上部旋回体2の方位を検出する方位演算器23とを含む。

## 【0046】

車体位置演算器21は、GPS受信機を含む。車体位置演算器21は、上部旋回体2に設けられる。車体位置演算器21は、グローバル座標系で規定される上部旋回体2の絶対位置Pg、すなわちグローバル座標系(Xg - Yg - Zg)における位置を検出する。上部旋回体2の絶対位置Pgは、Xg軸方向の座標データ、Yg軸方向の座標データ及びZg軸方向の座標データを含む。

40

## 【0047】

上部旋回体2に複数のGPSアンテナ21Aが設けられる。GPSアンテナ21Aは、GPS衛星から電波を受信して、受信した電波に基づいて生成した信号を車体位置演算器21に出力する。車体位置演算器21は、GPSアンテナ21Aから与えられた信号に基づいて、グローバル座標系で規定されるGPSアンテナ21Aが設置されている位置Prを検出する。車体位置演算器21は、GPSアンテナ21Aが設置されている位置Prに基づいて、上部旋回体2の絶対位置Pgを検出する。

## 【0048】

50

GPSアンテナ21Aは、車幅方向に2個、設けられる。車体位置演算器21は、一方のGPSアンテナ21Aが設置されている位置Pr a及び他方のGPSアンテナ21Aが設置されている位置Pr bのそれぞれを検出する。車体位置演算器21は、位置Pr aと位置Pr bとの少なくとも一方に基づいて演算処理を実行して、上部旋回体2の絶対位置Pgを検出する。本実施形態において、上部旋回体2の絶対位置Pgは、位置Pr aである。なお、上部旋回体2の絶対位置Pgは、位置Pr bでもよいし、位置Pr aと位置Pr bとの間の位置でもよい。

#### 【0049】

姿勢演算器22は、慣性計測装置( Inertial Measurement Unit : IMU )を含む。姿勢演算器22は、上部旋回体2に設けられる。姿勢演算器22は、グローバル座標系で規定される水平面、すなわちXg - Yg平面に対する上部旋回体2の傾斜角度を検出する。水平面に対する上部旋回体2の傾斜角度は、車幅方向における上部旋回体2の傾斜角度を示すロール角度1と、前後方向における上部旋回体2の傾斜角度を示すピッチ角度2とを含む。

#### 【0050】

方位演算器23は、一方のGPSアンテナ21Aが設置されている位置Pr aと他方のGPSアンテナ21Aが設置されている位置Pr bとにに基づいて、グローバル座標系で規定される基準方位に対する上部旋回体2の方位を検出する。方位演算器23は、位置Pr aと位置Pr bとにに基づいて演算処理を実行して、基準方位に対する上部旋回体2の方位を検出する。方位演算器23は、位置Pr aと位置Pr bとを結ぶ直線を求め、求めた直線と基準方位とがなす角度に基づいて、基準方位に対する上部旋回体2の方位を検出する。基準方位に対する上部旋回体2の方位は、基準方位と上部旋回体2の方位とがなす角度を示すヨー角度3を含む。

#### 【0051】

図4、図7及び図8に示されるように、作業機角度検出装置24は、ブームストロークセンサ16で検出されたブームストロークに基づいて、車体座標系のZ軸に対するブーム6の傾斜角度を示すブーム角度を求める。作業機角度検出装置24は、アームストロークセンサ17で検出されたアームストロークに基づいて、ブーム6に対するアーム7の傾斜角度を示すアーム角度を求める。作業機角度検出装置24は、バケットストロークセンサ18で検出されたバケットストロークに基づいて、アーム7に対するバケット8の刃先9の傾斜角度を示すバケット角度を求める。作業機角度検出装置24は、チルトストロークセンサ19で検出されたチルトストロークに基づいて、XY平面に対するバケット8の傾斜角度を示すチルト角度を求める。作業機角度検出装置24は、ブームストロークセンサ16で検出されたブームストローク、アームストロークセンサ17で検出されたアームストローク、バケットストロークセンサ18で検出されたバケットストローク、及びチルトストロークセンサ19で検出されたチルトストロークに基づいて、XY平面に対するチルト軸AX4の傾斜角度を示すチルト軸角度を求める。作業機1の傾斜角度は、ストロークセンサ以外の角度センサによる検出であってもよいし、ステレオカメラ及びレーザスキヤナ等の光学的な計測手段による検出であってもよい。

#### 【0052】

#### 【油圧システム】

図9は、チルトシリンダ14を動作させる油圧システム300の一例を模式的に示す図である。油圧システム300は、作動油を供給する可変容量型のメイン油圧ポンプ31と、パイロット油を供給するパイロット圧ポンプ32と、チルトシリンダ14に対する作動油の供給量を調整する流量制御弁25と、流量制御弁25に作用するパイロット圧を調整する制御弁37A, 37B, 39と、操作装置30のチルト操作レバー30T及び操作ペダル30Fと、制御装置50とを備える。チルト操作レバー30Tは、左操作レバー30L又は右操作レバー30Rの少なくとも一方に設けられるボタン等である。本実施形態において、操作装置30の操作ペダル30Fは、パイロット圧方式の操作装置である。操作装置30のチルト操作レバー30Tは、電子レバー方式の操作装置である。

10

20

30

40

50

## 【0053】

操作装置30の操作ペダル30Fは、パイロット圧ポンプ32に接続される。操作ペダル30Fとパイロット圧ポンプ32との間には、制御弁39が設けられる。また、操作ペダル30Fは、制御弁37Aから送出されるパイロット油が流れる油路38Aにシャトル弁36Aを介して接続される。また、操作ペダル30Fは、制御弁37Bから送出されるパイロット油が流れる油路38Bにシャトル弁36Bを介して接続される。操作ペダル30Fが操作されることにより、操作ペダル30Fとシャトル弁36Aとの間の油路33Aの圧力、及び操作ペダル30Fとシャトル弁36Bとの間の油路33Bの圧力が調整される。

## 【0054】

チルト操作レバー30Tが操作されることにより、チルト操作レバー30Tの操作により生成された操作信号が制御装置50に出力される。制御装置50は、チルト操作レバー30Tから出力された操作信号に基づいて制御信号を生成し、制御弁37A, 37Bを制御する。制御弁37A, 37Bは、電磁比例制御弁である。制御弁37Aは、制御信号に基づいて、油路38Aを開閉する。制御弁37Bは、制御信号に基づいて、油路38Bを開閉する。

## 【0055】

チルト停止制御を実行しないとき、操作装置30の操作量に基づいて、パイロット圧が調整される。チルト停止制御を実行するとき、制御装置50は、制御弁37A, 37B又は制御弁39に制御信号を出力して、パイロット圧を調整する。

## 【0056】

## [制御システム]

図10は、本実施形態に係る作業機械の制御システム200の一例を示す機能ブロック図である。以下において、作業機械の制御システム200を適宜、制御システム200と称する。図10に示されるように、制御システム200は、作業機1を制御する制御装置50と、位置検出装置20と、作業機角度検出装置24と、制御弁37(37A, 37B), 39と、目標施工データ生成装置70とを備える。

## 【0057】

位置検出装置20は、上部旋回体2の絶対位置Pg、ロール角度1及びピッチ角度2を含む上部旋回体2の姿勢と、ヨー角度3を含む上部旋回体2の方位とを検出する。作業機角度検出装置24は、ブーム角度、アーム角度、バケット角度、チルト角度、及びチルト軸角度を含む作業機1の角度を検出する。制御弁37(37A, 37B)は、チルトシリンダ14に対する作動油の供給量を調整する。

## 【0058】

制御弁37は、制御装置50からの制御信号に基づいて作動する。目標施工データ生成装置70は、コンピュータシステムを含む。目標施工データ生成装置70は、施工エリアの目標形状である目標地形を示す目標施工データを生成する。目標施工データは、作業機1による施工後に得られる3次元の目標形状を示す。

## 【0059】

目標施工データ生成装置70は、油圧ショベル100の遠隔地に設けられる。目標施工データ生成装置70は、例えば施工管理施設に設置される。目標施工データ生成装置70と制御装置50とは無線通信可能である。目標施工データ生成装置70で生成された目標施工データは、無線で制御装置50に送信される。

## 【0060】

目標施工データ生成装置70と制御装置50とが有線で接続され、目標施工データ生成装置70から制御装置50に目標施工データが送信されてもよい。目標施工データ生成装置70が目標施工データを記憶した記録媒体を含み、制御装置50が、記録媒体から目標施工データを読み込み可能な装置を有してもよい。

## 【0061】

目標施工データ生成装置70は、油圧ショベル100に設けられてもよい。施工を管理

10

20

30

40

50

する外部の管理装置から目標施工データが有線又は無線で油圧ショベル100の目標施工データ生成装置70に供給され、目標施工データ生成装置70が供給された目標施工データを記憶してもよい。

【0062】

制御装置50は、処理部51と、記憶部52と、入出力部53とを含む。処理部51は、車体位置データ取得部51Aと、作業機角度データ取得部51Bと、候補規定期位置データ演算部51Caと、目標施工形状生成部51Dと、規定期位置データ演算部51Cbと、動作平面演算部51Eと、停止地形演算部51Fと、作業機制御部51Gと、制限速度決定部51Hと、決定部51Jと、を有する。記憶部52は、作業機データを含む油圧ショベル100の諸元データを記憶する。

10

【0063】

処理部51が有する車体位置データ取得部51A、作業機角度データ取得部51B、候補規定期位置データ演算部51Ca、目標施工形状生成部51D、規定期位置データ演算部51Cb、動作平面演算部51E、停止地形演算部51F、作業機制御部51G、制限速度決定部51H及び決定部51Jのそれぞれの機能は、制御装置50のプロセッサによって実現される。記憶部52の機能は、制御装置50の記憶装置によって実現される。入出力部53の機能は、制御装置50の入出力インターフェース装置によって実現される。

【0064】

車体位置データ取得部51Aは、位置検出装置20から入出力部53を介して車体位置データを取得する。車体位置データは、グローバル座標系で規定される上部旋回体2の絶対位置Pg、ロール角度1及びピッチ角度2を含む上部旋回体2の姿勢及びヨー角度3を含む上部旋回体2の方位を含む。

20

【0065】

作業機角度データ取得部51Bは、作業機角度検出装置24から入出力部53を介して作業機角度データを取得する。作業機角度データは、ブーム角度、アーム角度、バケット角度、チルト角度及びチルト軸角度を含む作業機1の角度である。

【0066】

候補規定期位置データ演算部51Caは、バケット8に設定された規定期RPの位置データを求める。候補規定期位置データ演算部51Caは、車体位置データ取得部51Aで取得された車体位置データと、作業機角度データ取得部51Bで取得された作業機角度データと、記憶部52に記憶されている作業機データとに基づいて、バケット8に設定される規定期RPの位置データを求める。規定期RPについては後述する。

30

【0067】

図4に示すように、作業機データは、ブーム長さL1、アーム長さL2、バケット長さL3、チルト長さL4、及びバケット幅L5を含む。ブーム長さL1は、ブーム軸AX1とアーム軸AX2との距離である。アーム長さL2は、アーム軸AX2とバケット軸AX3との距離である。バケット長さL3は、バケット軸AX3とバケット8の刃先9との距離である。チルト長さL4は、バケット軸AX3とチルト軸AX4との距離である。バケット幅L5は、側板84と側板85との距離である。

【0068】

図11は、本実施形態に係るバケット8に設定される規定期RPの一例を模式的に示す図である。図11に示すように、バケット8には、チルトバケット制御に使用される規定期RPの候補となる候補規定期RPcが複数設定される。候補規定期RPcは、バケット8の刃先9及びバケット8の外面に設定される。候補規定期RPcは、刃先9においてバケット幅方向に複数設定される。また、候補規定期RPcは、バケット8の外面において複数設定される。前述した規定期RPは、候補規定期RPcのうちの1つである。

40

【0069】

作業機データは、バケット8の形状及び寸法を示すバケット外形データを含む。バケット外形データは、バケット幅L5を含む。バケット外形データは、バケット8の外面の輪郭データ、及びバケット8の刃先9を基準としたバケット8の複数の候補規定期RPcの

50

座標データを含む。

【0070】

候補規定点位置データ演算部51Caは、上部旋回体2の基準位置P0に対する複数の候補規定点RPcそれぞれの相対位置を算出する。また、候補規定点位置データ演算部51Caは、複数の候補規定点RPcそれぞれの絶対位置を算出する。

【0071】

候補規定点位置データ演算部51Caは、ブーム長さL1、アーム長さL2、バケット長さL3、チルト長さL4、及びバケット外形データを含む作業機データと、ブーム角度、アーム角度、バケット角度、チルト角度、及びチルト軸角度を含む作業機角度データに基づいて、上部旋回体2の基準位置P0に対するバケット8の複数の候補規定点RPcそれぞれの相対位置を算出することができる。図4に示すように、上部旋回体2の基準位置P0は、上部旋回体2の旋回軸RXに設定される。なお、上部旋回体2の基準位置P0は、ブーム軸AX1に設定されてもよい。

10

【0072】

また、候補規定点位置データ演算部51Caは、位置検出装置20によって検出された上部旋回体2の絶対位置Pgと、上部旋回体2の基準位置P0とバケット8との相対位置とにに基づいて、バケット8の絶対位置Paを算出可能である。絶対位置Pgと基準位置P0との相対位置は、油圧ショベル100の諸元データから導出される既知データである。候補規定点位置データ演算部51Caは、上部旋回体2の絶対位置Pgを含む車体位置データと、上部旋回体2の基準位置P0とバケット8との相対位置と、作業機データと、作業機角度データとにに基づいて、バケット8の複数の候補規定点RPcそれぞれの絶対位置を算出することができる。候補規定点RPcはバケット8の幅方向の情報とバケット8の外面の情報を含めば、点に限定されなくてもよい。

20

【0073】

目標施工形状生成部51Dは、目標施工データ生成装置70から与えられる目標施工データに基づいて、施工対象の目標形状を示す目標施工形状CSを生成する。目標施工データ生成装置70は、目標施工データとして、3次元目標地形データを目標施工形状生成部51Dに与えてもよいし、目標形状の一部を示す複数のラインデータ又は複数のポイントデータを目標施工形状生成部51Dに与えてもよい。本実施形態において、目標施工データ生成装置70は、目標施工データとして、目標形状の一部を示すラインデータを目標施工形状生成部51Dに与えることとする。

30

【0074】

図12は、本実施形態に係る目標施工データCDの一例を示す模式図である。図12に示されるように、目標施工データCDは、施工エリアの目標地形を示す。目標地形は、三角形ポリゴンによってそれぞれ表現される複数の目標施工形状CSを含む。複数の目標施工形状CSのそれぞれは、作業機1による施工対象の目標形状を示す。目標施工データCDにおいて、目標施工形状CSのうちバケット8との垂直距離が最も近い点APが規定される。また、目標施工データCDにおいて、点AP及びバケット8を通りバケット軸AX3と直交する作業機動作平面WPが規定される。作業機動作平面WPは、ブームシリンダ11、アームシリンダ12及びバケットシリンダ13の少なくとも一つの動作によりバケット8の刃先9が移動する動作平面であり、車体座標系(X-Y-Z)におけるXZ平面と平行である。

40

【0075】

目標施工形状生成部51Dは、作業機動作平面WPと目標施工形状CSとの交線であるラインLXを取得する。また、目標施工形状生成部51Dは、点APを通り目標施工形状CSにおいてラインLXと交差するラインLYを取得する。ラインLYは、横動作平面と目標施工地形CSとの交線を示す。横動作平面とは、作業機動作平面WPと直交し、点APを通過する平面である。ラインLYは、目標施工地形CSにおいてバケット8の側方方向に延在する。

【0076】

50

図13は、本実施形態に係る目標施工形状CSの一例を示す模式図である。目標施工形状生成部51Dは、ラインLX及びラインLYを取得して、ラインLX及びLYに基づいて、施工対象の目標形状を示す目標施工形状CSを生成する。目標施工形状CSをバケット8で掘削する場合、制御装置50は、バケット8を通る作業機動作平面WPと目標施工形状CSとの交線であるラインLXに沿ってバケット8を移動させる。

#### 【0077】

本実施形態において、制御装置50は、ラインLYに基づくチルト制御により、バケット8がチルト動作した場合でも規定点RPとラインLY上で垂直距離が取得され、バケット8の制御を行うことができる。また、制御装置50は、ラインLYだけではなく、規定点RPに対する目標施工形状CSとの最短距離に基づき、ラインLYに平行なラインに基づいてチルト制御を行ってもよい。

10

#### 【0078】

動作平面演算部51Eは、部材に設定された規定点を通り、軸線と直交する動作平面を求める。本実施形態において、軸線はチルト軸AX4であり、部材はバケット8なので、動作平面演算部51Eは、部材であるバケット8の規定点RPを通り、軸線であるチルト軸AX4と直交するチルト動作平面TPを求める。チルト動作平面TPは、前述した動作平面に相当する。

20

#### 【0079】

図14及び図15は、本実施形態に係るチルト動作平面TPの一例を示す模式図である。図14は、チルト軸AX4が目標施工形状CSと平行であるときのチルト動作平面TPを示す。図15は、チルト軸AX4が目標施工形状CSと非平行であるときのチルト動作平面TPを示す。

#### 【0080】

図14及び図15に示されるように、チルト動作平面TPとは、バケット8に規定されている複数の候補規定点RPcから選択された規定点RPを通りチルト軸AX4と直交する動作平面をいう。規定点RPは、複数の候補規定点RPcのうち、チルトバケット制御において最も有利であると判定されたで規定点RPである。チルトバケット制御において最も有利である規定点RPは、目標施工形状CSとの距離が最も近い規定点RPである。なお、チルトバケット制御において最も有利である規定点RPは、その規定点RPに基づいてチルトバケット制御を実行したとき、油圧シリンダ10のシリング速度が最も速くなる規定点RPでもよい。規定点位置データ演算部51Cbは、バケット8の幅と、外面情報である候補規定点RPcと、目標施工形状CSとに基づき、規定点RP、詳細にはチルトバケット制御において最も有利である規定点RPを求める。

30

#### 【0081】

図14及び図15は、一例として、刃先9に設定された規定点RPを通るチルト動作平面TPを示す。チルト動作平面TPは、チルトシリンダ14の作動によりバケット8の規定点RP(刃先9)が移動する動作平面である。ブームシリンダ11、アームシリンダ12、及びバケットシリンダ13の少なくとも一つが作動し、チルト軸AX4の向きを示すチルト軸角度が変化すると、チルト動作平面TPの傾きも変化する。

40

#### 【0082】

前述したように、作業機角度検出装置24は、XY平面に対するチルト軸AX4の傾斜角度を示すチルト軸角度を求める。チルト軸角度は、作業機角度データ取得部51Bに取得される。また、規定点RPの位置データは、候補規定点位置データ演算部51Caによって求められる。動作平面演算部51Eは、作業機角度データ取得部51Bで取得されたチルト軸AX4のチルト軸角度と、候補規定点位置データ演算部51Caによって求められた規定点RPの位置とに基づいて、チルト動作平面TPを求める。

#### 【0083】

目標形状演算部51Fは、制御目標形状であるチルト停止地形STを、目標施工形状CSから求める。本実施形態において、制御目標形状は、目標施工形状CSと動作平面とが交差する部分である。本実施形態において、動作平面はチルト動作平面TPなので、目標

50

形状演算部 51F は、目標施工形状 CS とチルト動作平面 TP とが交差する部分によって規定される制御目標形状を求める。この制御目標形状を、以下においては適宜、チルト停止地形 ST と称する。停止地形演算部 51F は、複数の候補規定点 RPc から選択された規定点 RP の位置データと目標施工地形 CS とチルトデータとに基づいて、目標施工地形 CS においてバケット 8 の側方方向に延在するチルト目標地形 ST を算出する。図 14 及び図 15 に示されるように、チルト停止地形 ST は、目標施工形状 CS とチルト動作平面 TP との交線によって表される。チルト軸 AX4 の向きであるチルト軸角度 が変化すると、チルト停止地形 ST の位置が変化する。

#### 【0084】

目標形状演算部 51F は、チルト停止地形 ST を延長した延長目標形状を求める。本実施形態において、延長目標形状は、チルト停止地形 ST と平行にチルト停止地形 ST が延長された部分である。延長目標形状については後述する。

10

#### 【0085】

作業機制御部 51G は、油圧シリンダ 10 を制御するための制御信号を出力する。チルト停止制御を実行する場合、作業機制御部 51G は、バケット 8 の規定点 RP とチルト停止地形 ST との距離を示す動作距離 Da に基づいて、チルト軸 AX4 を中心とするバケット 8 のチルト動作を停止させるチルト停止制御を実行する。すなわち、本実施形態においては、チルト停止地形 ST を基準にチルト停止制御が実行される。チルト停止制御においては、作業機制御部 51G は、チルト動作するバケット 8 がチルト停止地形 ST を超えないように、チルト停止地形 ST でバケット 8 を停止させる。

20

#### 【0086】

作業機制御部 51G は、バケット 8 に設定された複数の候補規定点 RPc のうち動作距離 Da が最も短い規定点 RP に基づいて、チルト停止制御を実行する。すなわち、作業機制御部 51G は、バケット 8 に設定された複数の候補規定点 RPc 規定点 RP のうちチルト停止地形 ST に最も近い規定点 RP がチルト停止地形 ST を超えないように、チルト停止地形 ST に最も近い規定点 RP とチルト停止地形 ST との動作距離 Da に基づいて、チルト停止制御を実行する。

#### 【0087】

制限速度決定部 51H は、動作距離 Da に基づいて、バケット 8 のチルト動作速度についての制限速度 U を決定する。制限速度決定部 51H は、動作距離 Da が閾値であるライン距離 H 以下のときに、チルト動作速度を制限する。

30

#### 【0088】

決定部 51J は、目標施工形状 CS を超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST を、作業機制御部 51G がバケット 8 を停止させる際の目標とするか目標としないかを決定する。目標施工形状 CS を超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST を目標とする場合、作業機制御部 51G は、目標施工形状 CS が存在する範囲及びこれを超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST をバケット 8 が超えないように、バケット 8 のチルト動作を制御する。目標施工形状 CS を超えた範囲に存在するチルト停止地形 ST を目標としない場合、作業機制御部 51G は、目標施工形状 CS が存在する範囲に存在するチルト停止地形 ST をバケット 8 が超えないように、バケット 8 のチルト動作を制御する。

40

#### 【0089】

図 16 は、本実施形態に係るチルト停止制御を説明するための模式図である。図 16 に示されるように、目標施工形状 CS が規定されるとともに、速度制限介入ライン IL が規定される。速度制限介入ライン IL は、チルト軸 AX4 と平行であり、チルト停止地形 ST からライン距離 H だけ離れた位置に規定される。ライン距離 H は、オペレータの操作感が損なわれないように設定されることが望ましい。作業機制御部 51G は、チルト動作するバケット 8 の少なくとも一部が速度制限介入ライン IL を超え、動作距離 Da がライン距離 H 以下になったとき、バケット 8 のチルト動作速度を制限する。制限速度決定部 51H は、速度制限介入ライン IL を超えたバケット 8 のチルト動作速度についての制限速度 U を決定する。図 16 に示される例では、バケット 8 の一部が速度制限介入ライン IL を

50

超え、動作距離  $D_a$  がライン距離  $H$  よりも小さいため、チルト動作速度が制限される。

【0090】

制限速度決定部 51H は、チルト動作平面 TP と平行な方向における規定点 RP とチルト停止地形 ST との動作距離  $D_a$  を取得する。また、制限速度決定部 51H は、動作距離  $D_a$  に応じた制限速度  $U$  を取得する。作業機制御部 51G は、動作距離  $D_a$  がライン距離  $H$  以下であると判定された場合、チルト動作速度を制限する。

【0091】

図 17 は、チルトバケットのチルト回転を動作距離  $D_a$  に基づき停止させるため、動作距離  $D_a$  と制限速度  $U$  との関係の一例を示す図である。図 17 に示されるように、制限速度  $U$  は、動作距離  $D_a$  に応じて決められている速度である。制限速度  $U$  は、動作距離  $D_a$  がライン距離  $H$  よりも大きいときには設定されず、動作距離  $D_a$  がライン距離  $H$  以下のときに設定される。動作距離  $D_a$  が小さくなるほど、制限速度  $U$  は小さくなり、動作距離  $D_a$  が零になると、制限速度  $U$  も零になる。なお、図 17 では、目標施工形状 CS に近付く方向を負の方向として表している。

【0092】

制限速度決定部 51H は、操作装置 30 のチルト操作レバー 30T の操作量に基づいて、規定点 RP が目標施工データ CD によって特定される目標施工形状 CS (チルト停止地形 ST) に向かって移動するときの移動速度  $V_r$  を求める。移動速度  $V_r$  は、チルト動作平面 TP と平行な面内における規定点 RP の移動速度である。移動速度  $V_r$  は、複数の規定点 RP のそれぞれについて求められる。

【0093】

本実施形態においては、チルト操作レバー 30T が操作された場合、チルト操作レバー 30T から出力された電流値に基づいて、移動速度  $V_r$  が求められる。チルト操作レバー 30T が操作されると、チルト操作レバー 30T の操作量に応じた電流がチルト操作レバー 30T から出力される。記憶部 52 には、チルト操作レバー 30T から出力される電流値とパイロット圧との関係を示す第 1 相関データが記憶されている。また、記憶部 52 には、パイロット圧とスプールの移動量を示すスプールストロークとの関係を示す第 2 相関データが記憶されている。また、記憶部 52 には、スプールストロークとチルトシリンダ 14 のシリンダ速度との関係を示す第 3 相関データが記憶されている。

【0094】

第 1 相関データ、第 2 相関データ、及び第 3 相関データは、実験又はシミュレーション等により事前に求められる既知データである。制限速度決定部 51H は、チルト操作レバー 30T から出力された電流値と、記憶部 52 に記憶されている第 1 相関データ、第 2 相関データ及び第 3 相関データとに基づいて、チルト操作レバー 30T の操作量に応じたチルトシリンダ 14 のシリンダ速度を求める。シリンダ速度は、実際のストロークセンサの検出値が用いられてもよい。チルトシリンダ 14 のシリンダ速度が求められた後、制限速度決定部 51H は、ヤコビアン行列式を使って、チルトシリンダ 14 のシリンダ速度をバケット 8 の複数の規定点 RP それぞれの移動速度  $V_r$  に変換する。

【0095】

作業機制御部 51G は、動作距離  $D_a$  がライン距離  $H$  以下であると判定された場合、目標施工形状 CS に対する規定点 RP の移動速度  $V_r$  を制限速度  $U$  に制限する速度制限を実行する。作業機制御部 51G は、バケット 8 の規定点 RP の移動速度  $V_r$  を抑えるために、制御弁 37 に制御信号を出力する。作業機制御部 51G は、バケット 8 の規定点 RP の移動速度  $V_r$  が動作距離  $D_a$  に応じた制限速度  $U$  になるように、制御弁 37 に制御信号を出力する。この処理により、チルト動作するバケット 8 の規定点 RP の移動速度は、規定点 RP が目標施工形状 CS (チルト停止地形 ST) に近付くほど遅くなり、規定点 RP (刃先 9) が目標施工形状 CS に到達したときに零になる。

【0096】

本実施形態においては、チルト動作平面 TP が規定され、チルト動作平面 TP と目標施工形状 CS との交線であるチルト停止地形 ST が導出される。作業機制御部 51G は、複

10

20

30

40

50

数の候補規定点 R P c のうちチルト停止地形 S T に最も近い規定点 R P と目標施工形状 C S との動作距離 D a に基づいて、その規定点 R P が目標施工形状 C S を超えないように、チルト停止制御を実行する。本実施形態においては、バケット 8 がチルト動作するだけでは、チルト停止地形 S T の位置は変化しない。したがって、チルト動作可能なバケット 8 を使った掘削作業は円滑に実行される。

#### 【 0 0 9 7 】

##### [チルト停止制御を利用したバケット 8 の位置決め]

制御装置 5 0 は、目標施工形状 C S に向かってバケット 8 を移動させながらチルト停止制御を実行すると、目標施工形状 C S でバケット 8 を停止させることができる。すなわち、制御装置 5 0 は、バケット 8 を目標施工形状 C S に位置決めすることができる。この場合、バケット停止制御も併用される。バケット停止制御は、バケット 8 と目標施工形状 C S との距離に基づいて、作業機、すなわちブーム 6、アーム 7 及びバケット 8 の少なくとも 1 つを制御することにより、バケット 8 を目標施工形状 C S でバケット 8 を停止させる制御である。例えば、バケット停止制御において、制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 C S との距離に基づいてブーム 6 の動作を制御することにより、バケット 8 が目標施工形状 C S に接近する速度を制限する。このような処理により、バケット 8 は目標施工形状 C S で停止するので、目標施工形状 C S の侵食が抑制される。

#### 【 0 0 9 8 】

図 1 8、図 1 9 及び図 2 0 は、バケット 8 を移動させながらチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。図 1 8 及び図 1 9 に示される例において、油圧ショベル 1 0 0 の施工対象は、断面が凸形状となっている。目標施工形状 C S は、目標施工形状 C S a と目標施工形状 C S b とが変曲位置 S L で接続されたものとなっている。目標施工形状 C S a にバケット 8 が位置決めされる場合、制御装置 5 0 は、目標施工形状 C S とチルト動作平面 T P とが交差する部分であるチルト停止地形 S T を、バケット 8 を停止させる目標として、チルト停止制御を実行する。

#### 【 0 0 9 9 】

油圧ショベル 1 0 0 のオペレータは、目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めする場合、図 9 に示される操作装置 3 0 のチルト操作レバー 3 0 T を操作してバケット 8 をチルト動作させながらブーム 6 を下降させる。バケット 8 は、チルト動作によって、チルト軸 A X 4 を中心として、図 1 8 及び図 1 9 に示される矢印 R の方向に回転する。また、ブーム 6 の下降によって、図 1 8、図 1 9 及び図 2 0 に示される矢印 D で示される方向に移動する。

#### 【 0 1 0 0 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a に基づいてチルト動作速度を制限し、かつバケット 8 と目標施工形状 C S a との垂直距離 D b に基づいて及びバケット 8 の下降速度 V b を制限する。垂直距離 D b は、バケット 8 の規定点 R P と目標施工形状 C S a との距離である。バケット 8 の規定点 R P から目標施工形状 C S a に向かって延ばした垂線に沿って得られる、規定点 R P と目標施工形状 C S a との距離が、垂直距離 D b である。

#### 【 0 1 0 1 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 の刃先 9 に設定された規定点 R P のうち 1 つの垂直距離 D b が零になると、ブーム 6 の下降を停止させる。この場合、目標施工形状 C S a の直上に存在する規定点 R P は、バケット 8 がチルト動作するときの移動速度 V r が正であるため、制御装置 5 0 はバケット 8 のチルト動作を継続する。図 1 8 に示される例では、バケット 8 は矢印 R 方向へ回転し続ける。バケット 8 が回転することにより、バケット 8 が目標施工形状 C S a を離れると、制御装置 5 0 は、その分だけブーム 6 を下降させる。本実施形態において、正の移動速度 V r とは、バケット 8 が目標施工形状 C S a から離れる場合の移動速度 V r をいう。

#### 【 0 1 0 2 】

図 1 9 に示されるように、バケット 8 の刃先 9 が目標施工形状 C S a に接すると、動作

10

20

30

40

50

距離 D a は零になるが、目標施工形状 C S a 上の規定点 R P の移動速度 V r は正である。このとき、バケット 8 は一部が目標施工形状 C S a に接するが、残りの部分は目標施工形状 C S a に接していない。目標施工形状 C S a 上に存在しない部分の規定点 R P は、負の移動速度 V r を有する。本実施形態において、負の移動速度 V r とは、バケット 8 が目標施工形状 C S b を掘り込む場合の移動速度 V r である。目標施工形状 C S a 上に存在しない部分の規定点 R P は、目標施工形状 C S b に向かって移動速度 V r で移動する。このため、バケット 8 は、図 2 0 に示されるように、同じ方向にチルト動作を継続する。バケット 8 がさらにチルト動作を継続し、負の動作速度 V r を有する規定点 R P 、図 2 0 に示される例では目標施工形状 C S a の直上に存在する規定点 R P が目標施工形状 C S に接して動作距離 D a が零になると、バケット 8 は停止する。

10

#### 【 0 1 0 3 】

オペレータは、目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めしたいが、実際には目標施工形状 C S b にバケット 8 が位置決めされるので、オペレータが意図した動作が実現されない。また、バケット 8 が目標施工形状 C S b に向かってチルト動作する過程で、変曲位置 S L 近傍の目標施工形状 C S a , C S b がバケット 8 によって削られることもある。

#### 【 0 1 0 4 】

図 2 1 及び図 2 2 は、本実施形態に係る停止制御を説明するための図である。オペレータがバケット 8 を位置決めしたい目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めするため、本実施形態においては、目標施工形状 C S a のチルト停止地形 S T を、変曲位置 S L を超えた範囲まで延長する。チルト停止地形 S T は、図 2 2 に示されるように、チルト動作平面 T P と目標施工形状 C S とが交差する部分である。図 2 1 に示される例において、チルト停止地形 S T が延長された部分は、一点鎖線及び符号 S T e で示される部分である。以下において、この延長された部分を適宜、延長停止地形 S T e と称する。延長停止地形 S T e は、延長目標形状である。

20

#### 【 0 1 0 5 】

延長停止地形 S T e は、前述したように、チルト停止地形 S T と平行にチルト停止地形 S T を延長した部分である。本実施形態において、チルト停止地形 S T は直線の線分であり、延長停止地形 S T e はチルト停止地形 S T と連続し、かつチルト停止地形 S T と平行な直線である。チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e は直線の線分及び直線には限らず、例えば、平面であってもよい。

30

#### 【 0 1 0 6 】

図 2 3 、図 2 4 及び図 2 5 は、バケット 8 を移動させながら本実施形態に係るチルト停止制御を実行する場合の一例を示す図である。目標施工形状 C S a にバケット 8 が位置決めされる場合、制御装置 5 0 は、図 2 2 に示されるように、目標施工形状 C S a とチルト動作平面 T P とが交差する部分であるチルト停止地形 S T 及びチルト停止地形 S T を延長した延長停止地形 S T e を、バケット 8 のチルト動作を停止させる目標として、チルト停止制御を実行する。

#### 【 0 1 0 7 】

延長停止地形 S T e は、図 2 1 から図 2 5 に示される例からも理解できるように、バケット 8 を位置決めする対象の目標施工形状 C S a を超えた範囲に存在する。延長停止地形 S T e は、バケット 8 を位置決めする対象の目標施工形状 C S a と変曲位置 S L で接続される目標施工形状 C S b の上方に存在する。上方とは、車体座標系 ( X - Y - Z ) において Z 軸の正の方向である。Z 軸の正の方向は、図 1 に示される油圧ショベル 1 0 0 の下部走行体 3 から上部旋回体 2 に向かう方向である。図 9 に示される目標形状演算部 5 1 F は、生成したチルト停止地形 S T を、少なくとも変曲位置 S L の方向に延長して、延長停止地形 S T e を求める。求められた延長停止地形 S T e は、図 9 に示される記憶部 5 2 に一時的に記憶される。

40

#### 【 0 1 0 8 】

油圧ショベル 1 0 0 のオペレータは、目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置決めする場合、図 9 に示される操作装置 3 0 のチルト操作レバー 3 0 T を操作してバケット 8 を矢

50

印 R 方向にチルト動作させながらブーム 6 を下降させる。バケット 8 は、チルト動作によって、チルト軸 A X 4 を中心として、図 2 3 及び図 2 4 に示される矢印 R の方向に回転する。また、ブーム 6 の下降によって、図 2 3 及び図 2 4 に示される矢印 D で示される方向に移動する。

【 0 1 0 9 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a に基づいてチルト動作速度を制限し、バケット 8 と目標施工形状 C S a との垂直距離 D b に基づいてバケット 8 の下降速度を制限する。図 2 3 に示されるように、制御装置 5 0 は、バケット 8 と目標施工形状 C S a との垂直距離 D b が零になると、ブーム 6 の下降を停止させる。前述したように、ブーム 6 の下降が停止しても、目標施工形状 C S a の直上の規定点 R P は正の移動速度 V r なので、バケット 8 は、矢印 R で示される方向のチルト動作を継続する。

10

【 0 1 1 0 】

制御装置 5 0 は、バケット 8 がチルト動作した分だけブーム 6 を下降させながら、バケット 8 の姿勢を、刃先 9 が目標施工形状 C S a に平行となるように変更する。本実施形態において、制御装置 5 0 は、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e を目標としてバケット 8 のチルト停止制御を実行する。すなわち、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e に対して負の移動速度 V r を有する規定点 R P と、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e との動作距離 D a が 0 になると、制御装置 5 0 はバケット 8 のチルト動作、この例では矢印 R 方向への回転を停止させる。この処理によって、図 2 5 に示されるように、バケット 8 は、刃先 9 が目標施工形状 C S a に位置した状態で停止するので、目標施工形状 C S a に位置決めされる。

20

【 0 1 1 1 】

このように、制御装置 5 0 は、バケット 8 を目標施工形状 C S a で停止させるチルト停止制御を実行する場合、バケット 8 を停止させるために目標とする地形を、チルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e とする。そして、制御装置 5 0 は、バケット 8 とチルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e との動作距離 D a に基づいて、バケット 8 の回転、すなわちチルト動作を停止させる。その結果、バケット 8 は、刃先 9 が目標施工形状 C S a に位置した状態で停止するので、オペレータは、意図した通りにバケット 8 を操作することができる。

30

【 0 1 1 2 】

図 2 6 は、バケット 8 が空中で停止することを説明するための図である。図 2 7 は、バケット 8 を目標施工形状 C S b に位置決めした状態を示す図である。チルト停止制御において、制御装置 5 0 がバケット 8 とチルト停止地形 S T 及び延長停止地形 S T e との動作距離 D a に基づいてバケット 8 のチルト動作を停止させると、制御装置 5 0 は、延長停止地形 S T e とバケット 8 との動作距離 D a が 0 になった時点でバケット 8 のチルト動作を停止させる。すると、図 2 6 に示されるように、バケット 8 が空中で停止してしまう。その結果、図 2 7 に示されるように、オペレータがバケット 8 を目標施工形状 C S b に位置決めするようにバケット 8 の姿勢を変更したい場合、バケット 8 の動作が阻止されてしまう。

40

【 0 1 1 3 】

この現象を回避するため、制御装置 5 0 の決定部 5 1 J は、バケット 8 と目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との距離である動作距離 D a に基づいて、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定する。詳細には、決定部 5 1 J は、バケット 8 に設定されている規定点 R P と、規定点 R P の直下に存在する目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a が閾値以下である場合に、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標とする。そして、決定部 5 1 J は、バケット 8 に設定されている規定点 R P と、規定点 R P の直下に存在する目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a が閾値よりも大きい場合には、延長停止地形 S T e を、バケット 8 を停止させる際の目標としない。規定点 R P の

50

直下とは、油圧ショベル100の車体座標系(X-Y-Z)におけるZ軸の負の方向である。Z軸の負の方向は、図1に示される油圧ショベル100の上部旋回体2から下部走行体3に向かう方向である。

#### 【0114】

図26に示される例では、バケット8の規定点RPのうち、負の移動速度Vrを有する1つの規定点RPと延長停止地形STEとの動作距離Daが零である。しかし、バケット8の他の規定点RPと、この規定点RPの直下に存在する目標施工形状CSaに対応したチルト停止地形STとの動作距離Daは閾値よりも大きい。このため、決定部は、延長停止地形STEを、バケット8を停止させる際の目標としない。その結果、バケット8は空中で停止せずに、目標施工形状CSaで位置決めされる。

10

#### 【0115】

図28及び図29は、バケット8と目標施工形状CSaとの重なりによって、延長停止地形STEを、バケット8を停止させる際の目標とするか否かを決定する例を説明するための図である。図28に示される例のように、バケット8と目標施工形状CSaとの重なりが多い状態で、オペレータが図23から図25に示されるような動作をバケット8に行わせるための操作をしている場合、オペレータは目標施工形状CSaにバケット8を位置決めしたいと考えられる。図29に示される例のように、バケット8と目標施工形状CSaとの重なりが少ない場合にバケット8がチルト動作している場合、オペレータはチルト軸AX4を中心として目標施工形状CSbに向けてバケット8を回転させて、目標施工形状CSbにバケット8を位置決めしたいと考えられる。

20

#### 【0116】

決定部51Jは、バケット8と目標施工形状CSaとの重なりに基づいて、延長停止地形STEを、バケット8を停止させる際の目標とするか否かを決定する。詳細には、決定部51Jは、バケット8に設定された複数の規定点RPのうち、第1閾値以上の数の規定点RPがバケット8の直下に存在する目標施工形状CSaと重なっている場合、延長停止地形STEを、バケット8を停止させる際の目標とする。この場合、制御装置50は、チルト停止地形ST及び延長停止地形STEの両方を、チルト停止制御においてバケット8を停止させる際の目標とする。

#### 【0117】

決定部51Jは、バケット8に設定された複数の規定点RPのうち、第1閾値よりも小さい第2閾値以下の数の規定点RPがバケット8の直下に存在する目標施工形状CSaと重なっている場合、延長停止地形STEを、バケット8を停止させる際の目標とはしない。この場合、制御装置50は、チルト停止地形STを、チルト停止制御においてバケット8を停止させる際の目標とする。

30

#### 【0118】

このように、決定部51Jは、バケット8と目標施工形状CSaとの重なりに基づいて、延長停止地形STEを、バケット8を停止させる際の目標とするか否かを決定するので、オペレータが目標施工形状CSaにバケット8を位置決めしたいか否かを確実に判定することができる。その結果、制御装置50は、オペレータが意図した目標施工形状CSaにバケット8を位置決めすることができる。

40

#### 【0119】

バケット8の直下に存在する目標施工形状CSaとは、車体座標系(X-Y-Z)において、バケット8から見てZ軸方向の負の方向に存在する目標施工形状CSaである。バケット8と目標施工形状CSaとの重なりは、車体座標系(X-Y-Z)のZ軸の正方向からバケット8及び目標施工形状CSaを見た場合において、バケット8と目標施工形状CSaとの重なりの程度、すなわち重なりの量又は重なりの割合等で表される。

#### 【0120】

図30は、車体座標系(X-Y-Z)におけるバケット8と目標施工形状CSaとを示す図である。目標施工形状CSaは、ラインLX及びラインLYに基づいて目標施工形状生成部51Dによって生成される。ラインLXとラインLYとの交点は、作業機動作平面

50

WP 及び車体座標系 (X - Y - Z) の Z 軸と平行、かつバケット 8 の一部 (この例では規定点 RP) を通る直線 LC と交差する。目標施工形状生成部 51D は、ライン LX 及びライン LY に基づいて、破線で示される目標施工形状 CSa1 と一点鎖線で示される目標施工形状 CSa2 とを生成できる。本実施形態において、決定部 51J は、バケット 8 と目標施工形状 CSa との重なりを求めるにあたり、目標施工形状 CSa1 又は目標施工形状 CSa2 のいずれを用いてもよい。

#### 【0121】

決定部 51J は、バケット 8 の姿勢、本実施形態においては、バケット 8 の刃先 9 と目標施工形状 CSa とのなす角度 b に基づいて、延長停止地形 STe を、バケット 8 を停止させる際の目標とするか否かを決定する。決定部 51J は、バケット 8 の刃先 9 に設定された複数の規定点 RP から刃先 9 を表す直線を求める。そして、決定部 51J は、求めた直線と目標施工形状 CSa に存在するチルト停止地形 ST とのなす角度 b を求める。

10

#### 【0122】

決定部 51J は、角度 b が第 1 角度閾値以下である場合、延長停止地形 STe を、バケット 8 を停止させる際の目標とする。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe の両方を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。決定部 51J は、角度 b が第 1 角度閾値よりも大きい第 2 角度閾値よりも大きい場合、延長停止地形 STe を、バケット 8 を停止させる際の目標とはしない。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

20

#### 【0123】

図 21 に示される角度 b は、バケット 8、本実施形態ではバケット 8 の刃先 9 が目標施工形状 CSa に沿っていることを示す指標である。角度 b が小さい場合、オペレータは目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置決めしたいと考えられる。角度 b が大きい場合、オペレータは目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置決めする意思はないと考えられる。決定部 51J は、角度 b を用いることで、オペレータが目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置決めしたいか否かを精度よく判定できる。

#### 【0124】

図 31 は、決定部 51J の制御ブロック図である。決定部 51J は、操作状態決定部 511 と、動作距離決定部 512 と、重なり決定部 513 と、姿勢決定部 514 と、第 1 論理積演算部 515 と、距離決定部 516 と、第 2 論理積演算部 517 とを含む。操作状態決定部 511 は、ブーム 6 を操作する右操作レバー 30R の操作状態 CT に基づいて、操作フラグ Fc を生成する。右操作レバー 30R の操作状態 CT がブーム下げ D である場合、操作状態決定部 511 は、操作フラグ Fc を TRUE (本実施形態では 1 ) とする。右操作レバー 30R の操作状態 CT がブーム上げ UP である場合、操作状態決定部 511 は、操作フラグ Fc を FALSE (本実施形態では 0 ) とする。

30

#### 【0125】

動作距離決定部 512 は、動作距離 Da に基づいて、動作距離フラグ Fd を生成する。動作距離 Da が第 1 距離閾値 Da1 以下になった場合、動作距離決定部 512 は、動作距離フラグ Fd を TRUE (本実施形態では 1 ) とする。動作距離 Da が第 2 距離閾値 Da2 以上になった場合、動作距離決定部 512 は、動作距離フラグ Fd を FALSE (本実施形態では 0 ) とする。

40

#### 【0126】

重なり決定部 513 は、重なり率 KR に基づいて、重なり判定フラグ Fk を生成する。重なり率 KR は、バケット 8 に設定されたすべての規定点 RP のうち、バケット 8 の直下に存在する目標施工形状 CSa と重なっている規定点 RP の割合である。重なり率 KR が第 1 閾値 A 以上になった場合、重なり決定部 513 は、重なり判定フラグ Fk を TRUE (本実施形態では 1 ) とする。重なり率 KR が第 1 閾値 A よりも小さい第 2 閾値 B 以下になった場合、重なり決定部 513 は、重なり判定フラグ Fk を FALSE (本実施形態では 0 ) とする。

50

## 【0127】

このように、決定部51Jは、バケット8を停止させる際の目標を延長停止地形S<sub>T</sub>eとする決定をする場合の重なりの大きさを、目標としない決定をする場合の重なりの大きさよりも大きくする。このようにすることで、制御装置50がバケット8のチルト動作を調整している最中に、延長停止地形S<sub>T</sub>eが消えることを抑制できる。

## 【0128】

姿勢決定部514は、目標施工形状C<sub>S</sub>aに対するバケット8の姿勢、本実施形態では角度bに基づいて、姿勢判定フラグF<sub>b</sub>を生成する。角度bが第1角度閾値c1以下になった場合、姿勢決定部514は、姿勢判定フラグF<sub>b</sub>をTRUE(本実施形態では1)とする。角度bが第2閾値c2以上になった場合、姿勢決定部514は、姿勢判定フラグF<sub>b</sub>をFALSE(本実施形態では0)とする。

10

## 【0129】

第1論理積演算部515は、操作フラグF<sub>c</sub>と動作距離フラグF<sub>d</sub>との論理積、すなわちANDを演算し、第1演算結果F<sub>a</sub>を距離決定部516に出力する。第1演算結果F<sub>a</sub>は、操作フラグF<sub>c</sub>及び動作距離フラグF<sub>d</sub>の両方がTRUE(1)の場合に1(TRUE)となり、この組合せ以外は0(FALSE)となる。

## 【0130】

距離決定部516は、第1演算結果F<sub>a</sub>と動作距離フラグF<sub>d</sub>とに基づいて、第2演算結果F<sub>x</sub>を第2論理積演算部517に出力する。第2演算結果F<sub>x</sub>は、第1演算結果F<sub>a</sub>及び動作距離フラグF<sub>d</sub>の両方がTRUEの場合(BT...Both TRUE)にTRUE(1)となり、動作距離フラグF<sub>d</sub>がFALSEである場合(DF...Distanc FALSE)はFALSE(0)となる。

20

## 【0131】

第2論理積演算部517は、第2演算結果F<sub>x</sub>と、重なり判定フラグF<sub>k</sub>と、姿勢判定フラグF<sub>b</sub>との論理積を演算し、演算結果を決定部51Jの判定結果OTとして出力する。判定結果OTは、第2演算結果F<sub>x</sub>、重なり判定フラグF<sub>k</sub>及び姿勢判定フラグF<sub>b</sub>がいずれもTRUE(1)の場合にTRUE(1)となり、この組合せ以外はFALSE(0)となる。

## 【0132】

判定結果OTがTRUEである場合、延長停止地形S<sub>T</sub>eは、バケット8を停止させる際の目標となる。この場合、制御装置50は、チルト停止地形S<sub>T</sub>及び延長停止地形S<sub>T</sub>eの両方を、チルト停止制御においてバケット8を停止させる際の目標とする。判定結果OTがFALSEである場合、延長停止地形S<sub>T</sub>eは、バケット8を停止させる際の目標とはならない。この場合、制御装置50は、チルト停止地形S<sub>T</sub>を、チルト停止制御においてバケット8を停止させる際の目標とする。

30

## 【0133】

決定部51Jは、操作フラグF<sub>c</sub>がFALSE(0)、すなわち右操作レバー30Rの操作状態C<sub>T</sub>がブーム上げUPである場合、動作距離フラグF<sub>d</sub>、重なり判定フラグF<sub>k</sub>及び姿勢判定フラグF<sub>b</sub>をすべてFALSE(0)とする。ブーム6が上昇する場合、目標施工形状C<sub>S</sub>aからバケット8が遠ざかるため、オペレータはバケット8を目標施工形状C<sub>S</sub>aに位置決めする意思はないと判定できるからである。

40

## 【0134】

## [制御方法]

図32は、本実施形態に係る作業機械の制御方法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、制御装置50の決定部51Jは、延長停止地形S<sub>T</sub>eを、バケット8を停止させる際の目標とするか否かの判定に用いる判定値を得る。詳細には、決定部51Jは、右操作レバー30Rから操作状態C<sub>T</sub>を、制限速度決定部51Hから動作距離D<sub>a</sub>を取得するとともに、角度b及び重なり率K<sub>R</sub>を求める。これらが、前述した判定値である。

## 【0135】

50

決定部 51J は、ステップ S101 で得られた判定値を用いて判定結果 OT を求めて出力する。ステップ S102 において、判定結果 OT が TRUE である場合（ステップ S102, Yes）、ステップ S103 において、延長停止地形 STe が有効、すなわち延長停止地形 STe は、バケット 8 を停止させる際の目標となる。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe の両方を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

【0136】

ステップ S102 において、判定結果 OT が TRUE でない場合、すなわち FALSE である場合（ステップ S102, No）、ステップ S104 において、延長停止地形 STe が無効、すなわち延長停止地形 STe は、バケット 8 を停止させる際の目標とはならない。この場合、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST を、チルト停止制御においてバケット 8 を停止させる際の目標とする。

【0137】

ステップ S105 において、制御装置 50 は、ステップ ST103 又はステップ S104 において決定された、バケット 8 を停止させる際の目標とバケット 8 との動作距離 Da に基づいて、バケット 8 がチルト動作するときの速度を減速させる。この場合、作業機制御部 51G は、チルト操作レバー 30T の操作量から求められるバケット 8 の規定点 RP の移動速度 Vr と、制限速度決定部 51H により決定された制限速度 U とに基づいて、制御弁 37 に対する制御信号を求める。

【0138】

オペレータが図 23 から図 25 に示されるような動作をバケット 8 に行わせるための操作をすると、作業機制御部 51G は、移動速度 Vr を制限速度 U にするための制御信号を算出し、制御弁 37 に出力する。制御弁 37 は、作業機制御部 51G から出力された制御信号に基づいて、パイロット圧を制御する。この処理により、バケット 8 の規定点 RP の移動速度 Vr が制限される。チルト動作するバケット 8 が目標施工形状 CSa に近付き、すべての規定点 RP における動作距離 Da が零になると、バケット 8 のチルト動作は停止する。その結果、バケット 8 は、目標施工形状 CSa に位置決めされる。

【0139】

以上、本実施形態は、作業具であるバケット 8 と、チルト停止地形 ST 及びチルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe との距離に基づいて、バケット 8 の回転を制御する。このため、目標施工形状 CS に不連続な部分がある場合であっても、チルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe によってバケット 8 のチルト動作を停止させることができるので、バケット 8 を位置決めしたい目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置決めできる。また、目標施工形状 CS に不連続な部分があっても、バケット 8 のチルト動作が停止されるので、目標施工形状 CS の変曲位置 SL に相当する目標施工形状 CS の不連続な部分がバケット 8 に削られる可能性を低減できる。

【0140】

本実施形態において、制御装置 50 は、チルト停止地形 ST を延長した延長停止地形 STe を予め生成しておき、バケット 8 と、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe との距離に基づいて、バケット 8 の回転を制御する場合に、延長停止地形 STe を有効とする。このような制御には限定されず、制御装置 50 は、バケット 8 と、チルト停止地形 ST 及び延長停止地形 STe との距離に基づいて、バケット 8 の回転を制御する場合に、延長停止地形 STe を生成してもよい。

【0141】

本実施形態において、制御装置 50 は、バケット 8 と目標施工形状 CSa との重なり、バケット 8 と目標施工形状 CSa に対応するチルト停止地形 ST との動作距離 Da、バケット 8 の姿勢及び作業機 1 の操作状態 CT に基づいて、延長停止地形 STe を、バケット 8 の回転を制御する際の目標とするか目標としないかを決定する。このような処理によって、制御装置 50 は、油圧ショベル 100 のオペレータが目標施工形状 CSa にバケット 8 を位置合わせする意思を判定できる。このため、オペレータが目標施工形状 CSa にバ

10

20

30

40

50

ケット 8 を位置合わせする意思を有していない場合、延長停止地形 S T e に対するバケット 8 のチルト停止制御は実行されず、バケット 8 のチルト動作は許容される。この場合、チルト停止地形 S T 対するバケット 8 のチルト停止制御は実行される。また、オペレータが目標施工形状 C S a にバケット 8 を位置合わせする意思を有している場合、バケット 8 は、停止制御によって目標施工形状 C S a に位置決めされる。その結果、制御装置 5 0 は、オペレータの意図に沿ったバケット 8 の動作を実現できる。

#### 【 0 1 4 2 】

本実施形態において、制御装置 5 0 は、バケット 8 の回転を制御する際に延長停止地形 S T e を目標とする場合と目標としない場合とで、バケット 8 と目標施工形状 C S a との重なり、バケット 8 と目標施工形状 C S a に対応するチルト停止地形 S T との動作距離 D a 、及びバケット 8 の刃先 9 と目標施工形状 C S a とのなす角度 b の判定条件にヒステリシスを設けている。このようにすることで、制御装置 5 0 がバケット 8 のチルト動作を微調整している最中に、延長停止地形 S T e が消えることを抑制できる。しかし、前述した判定条件にヒステリシスを設けることに限定はされず、ヒステリシスを設けなくてもよい。

10

#### 【 0 1 4 3 】

本実施形態において、作業機制御部 5 1 G がバケット 8 の回転を制御する例として、バケット 8 のチルト動作を停止させるチルト停止制御を説明したが、作業機制御部 5 1 G がバケット 8 の回転を制御する例はチルト停止制御に限定されない。例えば、作業機制御部 5 1 G は、バケット 8 がチルト動作することにより目標施工形状 C S を侵食した場合に、バケット 8 を目標施工形状 C S から遠ざける方向に移動させる介入制御を実行してもよい。そして、作業機制御部 5 1 G は、作業具であるバケット 8 と、チルト停止地形 S T 及びチルト停止地形 S T を延長した延長停止地形 S T e との距離に基づいて介入制御を実行してもよい。

20

#### 【 0 1 4 4 】

本実施形態において、バケット 8 はチルト式バケットであるとしたが、バケット 8 は、例えば、ローテートバケットであってもよい。ローテートバケットは、バケット軸 A X 3 と垂直に交わる軸線の周りを回転するバケットである。作業機制御部 5 1 G は、ローテートバケットに対して、バケット 8 と、ローテート停止地形及びローテート停止地形を延長したローテート延長停止地形との距離に基づいて停止制御及び介入制御の少なくとも一方を実行してもよい。ローテート停止地形は、チルト停止地形 S T と同様の方法で求められる。作業機制御部 5 1 G は、バケット 8 がバケット軸 A X 3 を中心として回転する際に、バケット 8 と、ローテート停止地形及びローテート停止地形を延長したローテート延長停止地形との距離に基づいて停止制御及び介入制御の少なくとも一方を実行してもよい。

30

#### 【 0 1 4 5 】

本実施形態においては、作業機械が油圧ショベルであるとしたが、実施形態で説明した構成要素は、油圧ショベルとは別の、作業機を有する作業機械に適用されてもよい。

#### 【 0 1 4 6 】

以上、本実施形態を説明したが、前述した内容により本実施形態が限定されるものではない。また、前述した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。さらに、前述した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。さらに、本実施形態の要旨を逸脱しない範囲で構成要素の種々の省略、置換又は変更を行うことができる。

40

#### 【 符号の説明 】

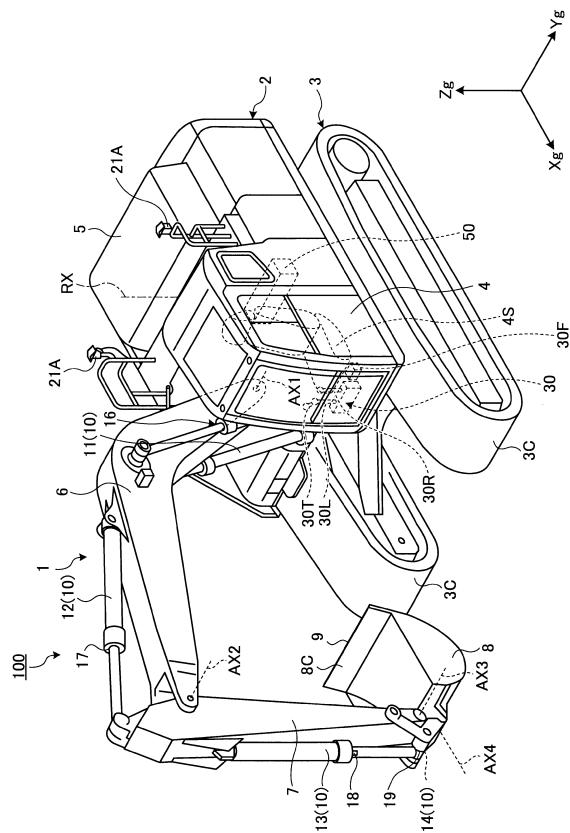
#### 【 0 1 4 7 】

- 1 作業機
- 2 上部旋回体
- 3 下部走行体
- 6 ブーム
- 7 アーム

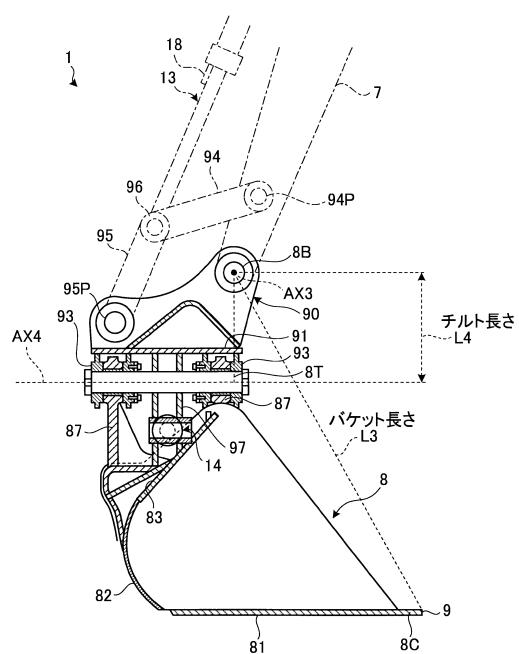
50

8	バケット	
8 C	刃	
9	刃先	
1 1	ブームシリンド	
1 2	アームシリンド	
1 3	バケットシリンド	
1 4	チルトシリンド	
2 0	位置検出装置	
3 0	操作装置	
3 0 T	チルト操作レバー	10
3 0 R	右操作レバー	
5 0	制御装置	
5 1	処理部	
5 1 A	車体位置データ取得部	
5 1 B	作業機角度データ取得部	
5 1 C a	候補規定点位置データ演算部	
5 1 D	目標施工形状生成部	
5 1 C b	規定点位置データ演算部	
5 1 E	動作平面演算部	
5 1 F	目標形状演算部	20
5 1 G	作業機制御部	
5 1 H	制限速度決定部	
5 1 J	決定部	
5 2	記憶部	
5 3	入出力部	
1 0 0	油圧ショベル	
2 0 0	制御システム	
3 0 0	油圧システム	
4 0 0	検出システム	
5 1 1	操作状態決定部	30
5 1 2	動作距離決定部	
5 1 3	重なり決定部	
5 1 4	姿勢決定部	
5 1 5	第1論理積演算部	
5 1 6	距離決定部	
5 1 7	第2論理積演算部	
A X 1	ブーム軸	
A X 2	アーム軸	
A X 3	バケット軸	
A X 4	チルト軸	40
C S , C S a , C S b	目標施工形状	
C T	操作状態	
D a	動作距離	
S T	チルト停止地形	
S T e	延長停止地形	
T P	チルト動作平面	

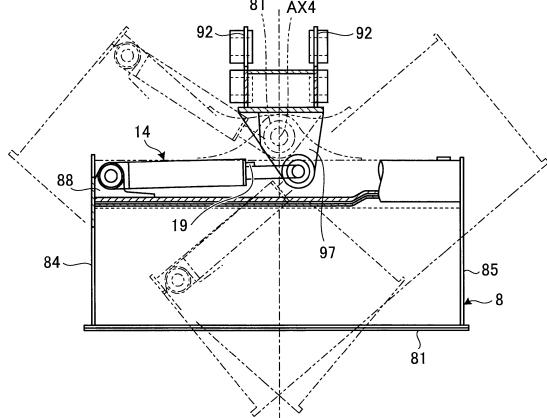
【 図 1 】



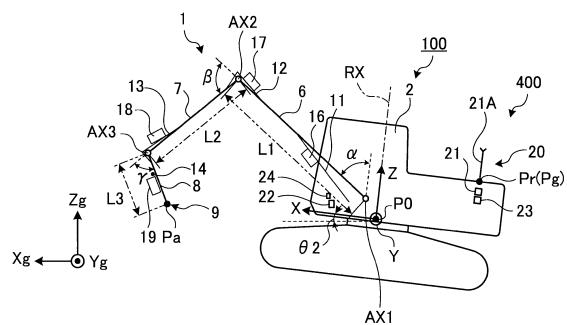
【図2】



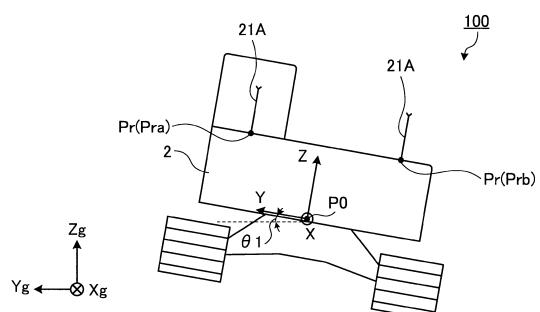
【 3 】



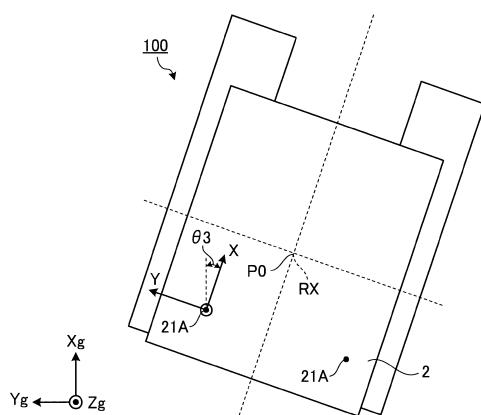
【図4】



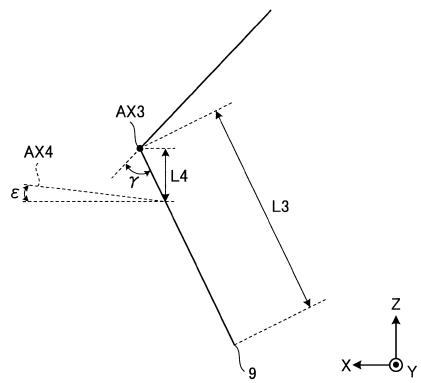
【図5】



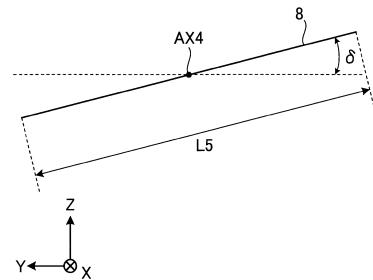
【図 6】



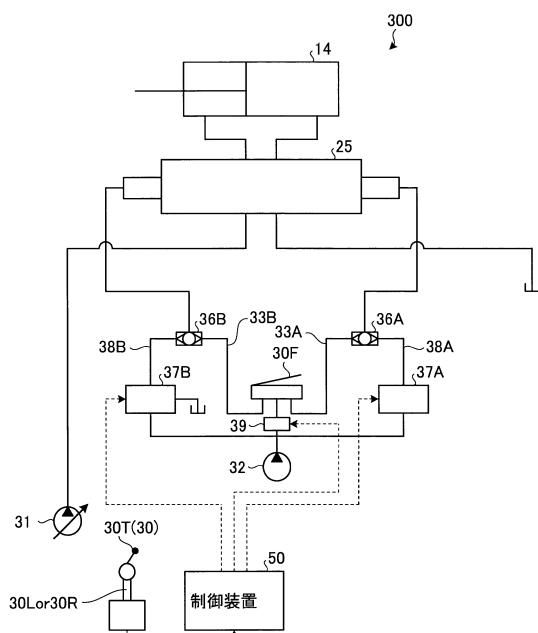
【図 7】



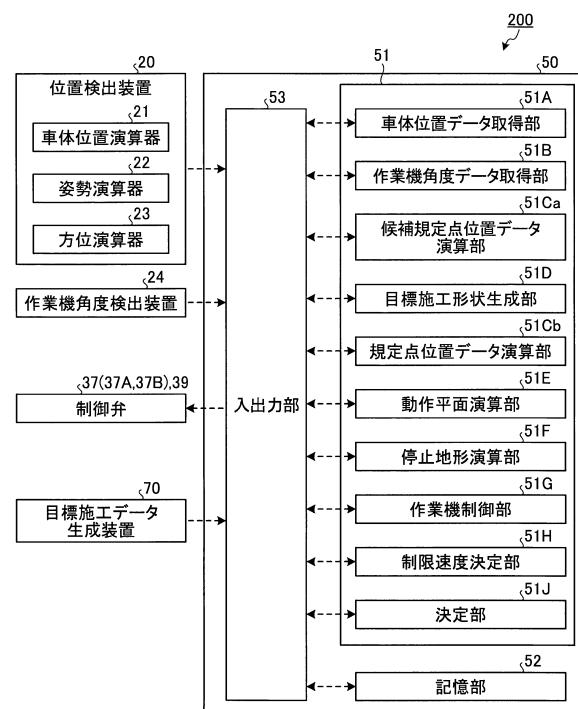
【図 8】



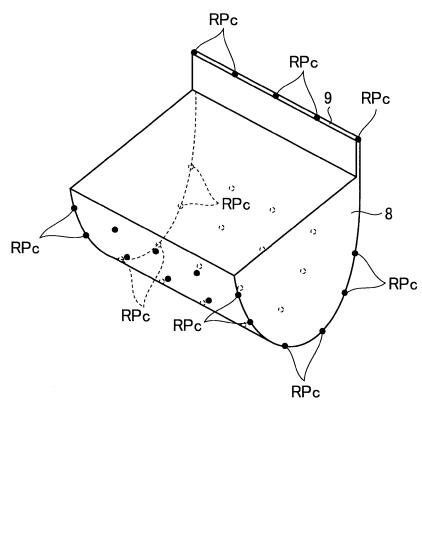
【図 9】



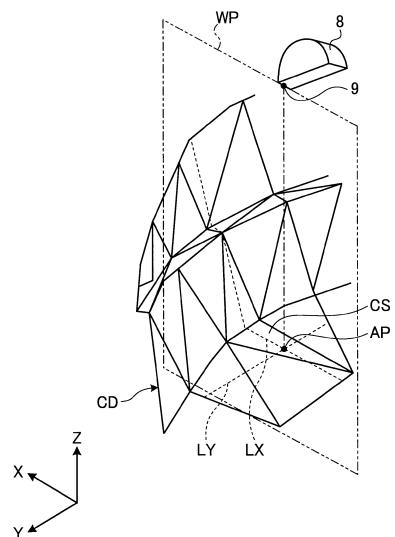
【図 10】



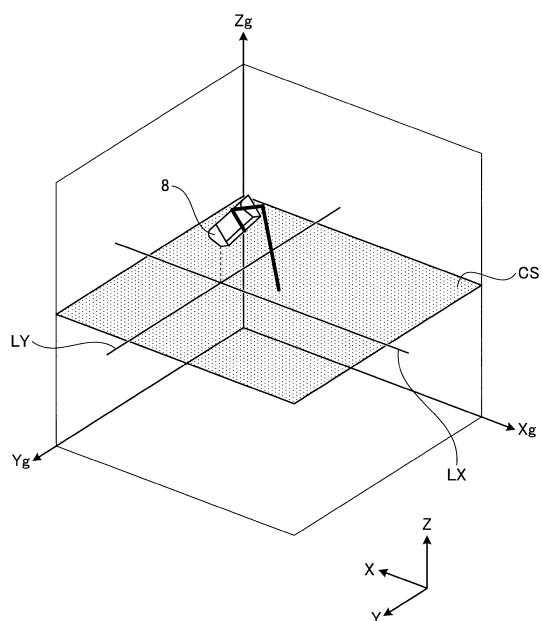
【図11】



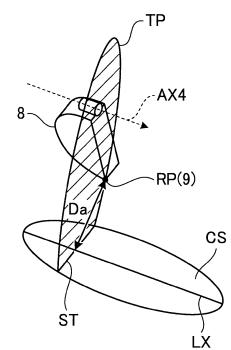
【図12】



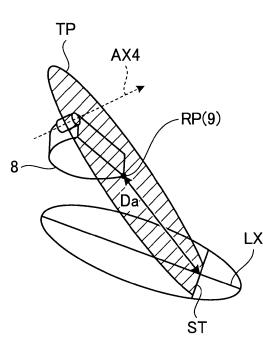
【図13】



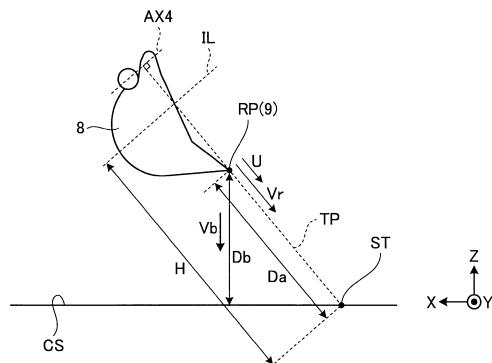
【図14】



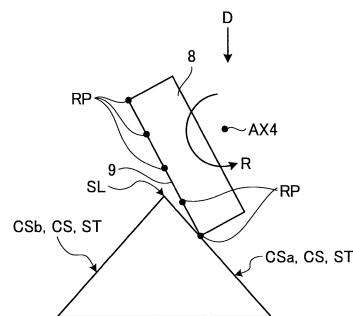
【図15】



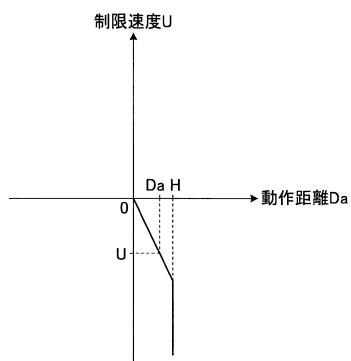
【図16】



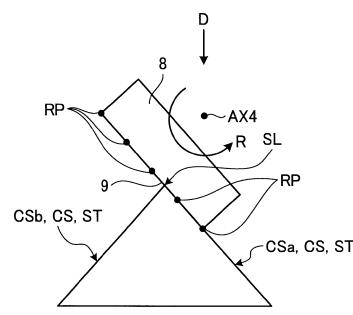
【図18】



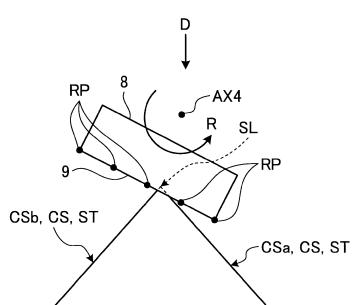
【図17】



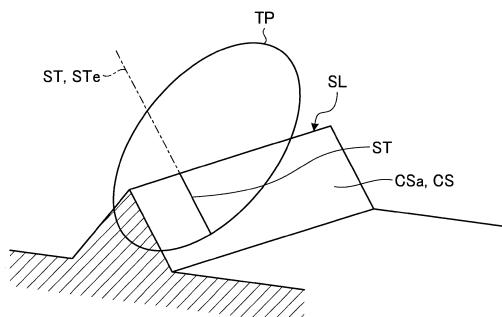
【図19】



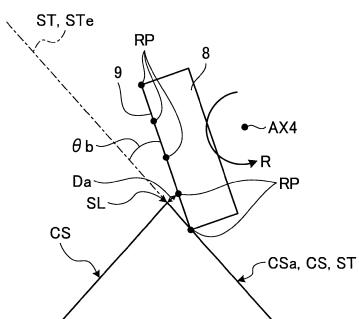
【図20】



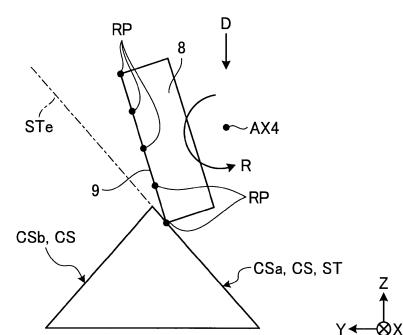
【図22】



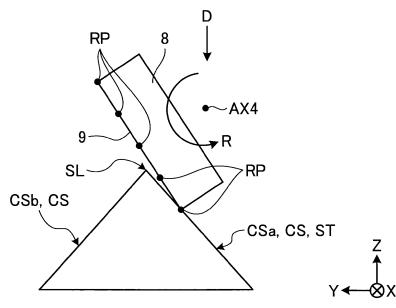
【図21】



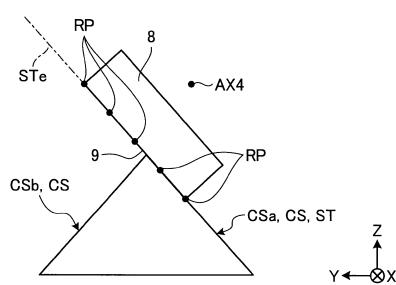
【図23】



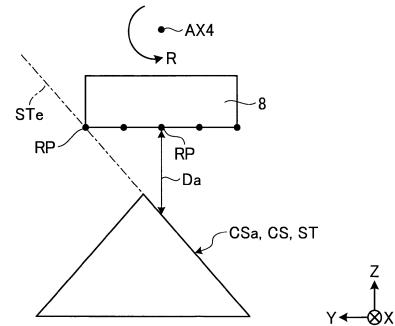
【図24】



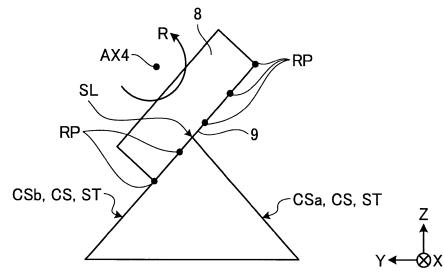
【図25】



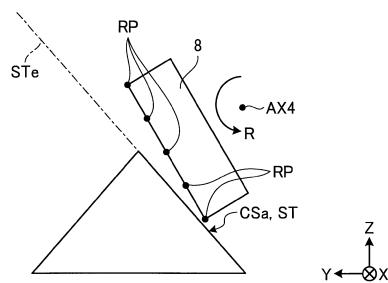
【図26】



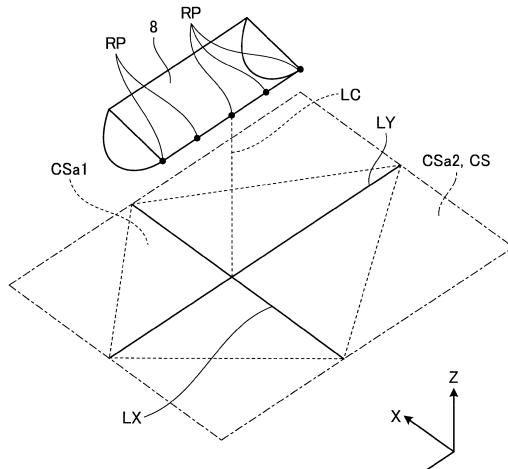
【図27】



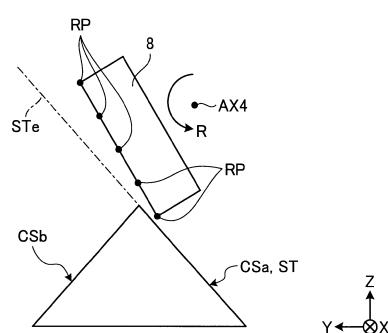
【図28】



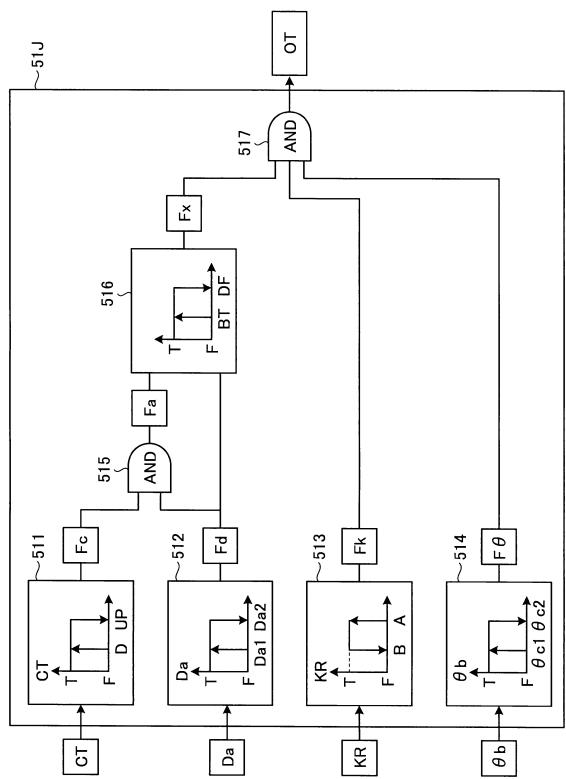
【図30】



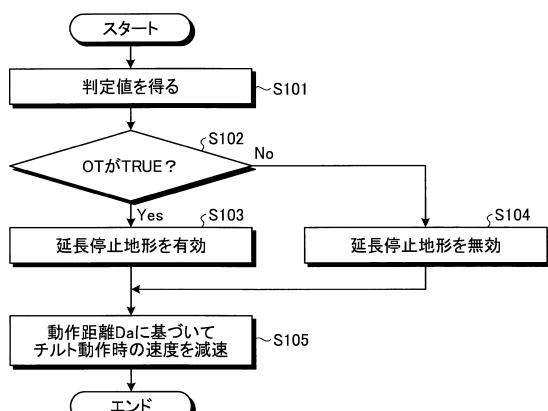
【図29】



【図 3 1】



【図 3 2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 横尾 貴史  
東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松製作所内

(72)発明者 岩崎 吉郎  
東京都港区赤坂2-3-6 株式会社小松製作所内

審査官 石川 信也

(56)参考文献 国際公開第2015/186179 (WO, A1)  
特開平06-193090 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
E 02 F 3 / 43  
E 02 F 9 / 20  
E 02 F 9 / 26